

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR



Departamento de Ingeniería Mecánica

PROYECTO FIN DE CARRERA

**SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE COMPONENTES
ESTRUCTURALES PARA LA INDUSTRIA AERONÁUTICA**

INGENIERÍA INDUSTRIAL

AUTOR: RAÚL SANZ DÍAZ
TUTORA: M^a HENAR MIGUELEZ GARRIDO

JUNIO, 2009

INDICE

<u>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN</u>	<u>3</u>
<u>CAPÍTULO 2. OBJETIVOS</u>	<u>8</u>
2.1 LA NECESIDAD DE CAMBIAR	10
2.1.1 ¿CÓMO ABORDAR EL CAMBIO?	11
2.2 EL PROYECTO ALPS	15
2.2.1 FUNDAMENTOS DEL NUEVO SISTEMA	15
2.2.2 ESTADO DEL PROYECTO EN LA ACTUALIDAD	18
<u>CAPÍTULO 3. POLÍTICA Y ESTRATEGIA EMPRESARIAL</u>	<u>21</u>
3.1 DESPLIEGUE DE LA POLITICA	23
3.1.1 ESTRUCTURA DEL PROCESO	24
3.2 LA VISIÓN ESTRATÉGICA. BLUE SKY VISION	26
3.3 EL PLAN DE IMPLEMENTACION TÁCTICO	30
3.3.1 LA NECESIDAD DEL <i>TIP</i> .	30
3.3.2 CREACIÓN DEL <i>TIP</i>	32
3.3.3 CÓMO USAR EL <i>TIP</i>	36
<u>CAPÍTULO 4. PLANIFICACIÓN OPERATIVA: ANÁLISIS DE VALOR</u>	<u>39</u>
4.1 EL ANÁLISIS DE VALOR	41
4.1.1 CONCEPTOS PREVIOS	43
4.2 VSM ACTUAL	48
4.3 VSM FUTURO	53
4.3.1 CREACIÓN DEL VSM FUTURO	54
<u>CAPÍTULO 5. IMPLANTACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN</u>	<u>62</u>
5.1 EL TRABAJO ESTANDAR	64
5.1.1 ORÍGENES DEL TRABAJO ESTÁNDAR	65
5.2 LA OPERACIÓN ESTANDAR	67
5.2.1 EL DESARROLLO DE LA INSTRUCCIÓN DE OPERACIÓN ESTÁNDAR	71
5.2.2 EL MANTENIMIENTO DE LA OPERACIÓN ESTÁNDAR	76
5.2.3 ENTRENAMIENTO EN LAS OPERACIONES ESTÁNDAR	76
5.3 EL BALANCEO DE LA LÍNEA	80
5.3.1 ELABORACIÓN DE LA TABLA DE EQUILIBRADO	81
5.4 RESUMEN	85
<u>CAPÍTULO 6. SOSTENIMIENTO: MANTENIMIENTO TOTAL</u>	<u>91</u>
6.1 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL	93

6.1.1	MANTENIMIENTO EFICAZ	95
6.1.1.1	Beneficios: las Seis Grandes Pérdidas	96
6.1.2	ESTRUCTURA DEL TPM	98
6.1.3	EL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO	102
6.1.3.1	Comportamiento y Liderazgo	110
6.1.4	LA IMPLANTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL	111
6.2	LOS INDICADORES DEL TPM	115
6.2.1	INTRODUCCIÓN AL <i>OEE</i>	115
6.2.2	DEFINICIÓN DE <i>OEE</i>	118
6.2.3	MEDICIÓN Y ANÁLISIS DEL <i>OEE</i>	122
6.3	LOGROS EXTERNOS	129

CAPÍTULO 7. SISTEMA LOGÍSTICO **132**

7.1	LOGISTICA EN AIRBUS	134
7.2	SOLUCIONES LOGÍSTICAS	138
7.2.1	DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN LOGÍSTICA	138
7.3	FLUJO CONTINUO Y SISTEMAS PULL	141
7.3.1	FLUJO CONTINUO	141
7.3.2	SISTEMAS PULL	142
7.3.3	DIFERENCIAS ENTRE PUSH Y PULL	142
7.3.4	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA PULL	146
7.4	LOGISTICA Y EL DESPERDICIO	149
7.5	PROYECTOS ACTUALES	153
7.5.1	SISTEMA LOGÍSTICO DEL A-320	153
7.5.2	FLUJO LOGÍSTICO DEL A-320	157
7.5.3	BENEFICIOS	160
7.6	RESUMEN	161

CAPÍTULO 8. GESTIÓN DEL PUESTO DE TRABAJO **162**

8.1	LA GESTIÓN VISUAL	164
8.1.1	DEFINICIÓN	164
8.1.2	BENEFICIOS	166
8.1.3	CONTROLES VISUALES	166
8.1.3.1	Implantar un Control Visual	168
8.1.3.2	Controles Visuales en el puesto de trabajo	170
8.1.4	SISTEMAS DE RESPUESTA RÁPIDA	173
8.1.4.1	Historia	174
8.1.4.2	Flujo y Beneficios	175
8.1.4.3	Implantación	176
8.2	LA GESTIÓN VISUAL EN EL TALLER: KPI'S	178
8.2.1	CARACTERÍSTICAS DE UN <i>KPI</i>	179
8.2.2	<i>KPI'S</i> DE AIRBUS	179
8.2.3	REUNIONES EN PANEL	182
8.2.3.1	Objetivo	183
8.2.3.2	El Panel Informativo	184
8.2.3.3	Desarrollo de la Reunión	186
8.2.3.4	Confirmación de Proceso	187
8.3	LAS 5C'S	190
8.3.1	DEFINICIÓN	190
8.3.2	OBJETIVO	191
8.3.3	IMPLANTACIÓN	192

<u>CAPÍTULO 9. GESTIÓN DE LA PROBLEMÁTICA</u>	198
9.1 EL PROBLEMA	200
9.1.1 SOLUCIONAR UN PROBLEMA	202
9.2 MODELO DE SOLUCION DEL PROBLEMA	204
9.2.1 ETAPAS DEL MODELO DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS	205
9.2.2 RESUMEN	216
9.3 LOS SIETE DESPERDICIOS	218
9.3.1 EL DESPERDICIO	219
9.3.2 TIPOS DE DESPERDICIO	221
9.3.3 EL 8º DESPERDICIO: LAS PERSONAS	228
9.3.4 RESUMEN	230
9.4 MÉTODOS ANTI ERROR	231
9.4.1 LA CORRECCIÓN DE ERRORES	231
9.4.2 BENEFICIOS	233
9.4.3 ERROR Y DEFECTO	235
9.4.4 LAS DIEZ CAUSAS DE ERRORES	236
9.4.5 IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE CORRECCIÓN DE ERRORES	237
9.5 LAS SIETE HERRAMIENTAS DE CALIDAD	241
9.5.1 DEFINICIÓN	241
9.5.2 APLICACIÓN	242
9.5.3 LAS HERRAMIENTAS EN DETALLE	243
9.5.4 RESUMEN	256
<u>CAPÍTULO 10. SÍNTESIS Y CONCLUSIONES</u>	258
<u>CAPÍTULO 11. PROYECTOS FUTUROS</u>	263
<u>CAPÍTULO 12. BIBLIOGRAFÍA</u>	269

AGRADECIMIENTOS



Son muchas las personas que me han ayudado no sólo a lo largo del proyecto, sino a lo largo de la carrera. A todas ellas les quiero agradecer de una manera especial todo interés, sin el cual no imaginaría haber llegado hasta aquí.

En primer lugar me gustaría reconocer la labor de mi familia durante todos estos años, y su apoyo en las decisiones importantes que he tenido que tomar en mi vida. Gracias a ellos he aprendido a superarme poco a poco, y afrontar los retos con la responsabilidad que se merecen.

Una mención muy especial va destinada a todas las personas de Airbus que he tenido la suerte de conocer desde que empecé a trabajar en la factoría de Getafe. A través de los consejos, experiencias y dedicación de todos ellos he ido conociendo el fascinante mundo de la aeronáutica, de modo que mi interés por ella no hace más que aumentar cada día. Si el proyecto ha salido adelante a sido gracias a todas estas personas, a su trabajo constante y continua motivación.

También he de premiar la amistad que tengo con los compañeros de carrera, y mis amigos “de toda la vida”. Pensar que con ellos he compartido momentos y experiencias únicas me llena de ilusión. Juntos hemos aprendido a formarnos profesionalmente, y lo que es más importante, como personas.

No puedo olvidarme de la persona que más me anima en todo lo que hago, y que siempre esta ahí incondicionalmente cuando la necesito. Vanessa gracias por darme tu apoyo en los momentos difíciles, no sólo en este proyecto (ni en el anterior), sino en todo el tiempo que llevas a mi lado.

Para finalizar, debo reconocer la labor de Henar, por haberme orientado a lo largo del proyecto y aconsejarme. Por haber confiado en mí desde el principio, y brindarme su dedicación cuando era necesario. Además, espero que con su magnífica labor otros compañeros universitarios puedan tener acceso a las oportunidades que ofrecen empresas como Airbus, para que aporten sus conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera y construyan un futuro sólido.

A todas las personas mencionadas, gracias, éste proyecto es también vuestro.



Capítulo 1. **INTRODUCCIÓN**

Airbus es una compañía líder en fabricación aeronáutica, cuya orientación al cliente, conocimiento comercial, liderazgo tecnológico y eficiencia de fabricación la han colocado a la vanguardia de la industria. Actualmente captura la mitad de todos los pedidos de aviones comerciales en el mundo. Airbus continúa ampliando gama de productos, aplicando su experiencia al mercado militar.

Con sede central en Toulouse, Francia, Airbus pertenece a EADS. Es una compañía global con cerca de 56.000 empleados, con subsidiarias en Estados Unidos, China, Japón y Oriente Medio, centros de repuestos en Hamburgo, Francfort, Washington, Beijing y Singapur, centros de formación en Toulouse, Miami, Hamburgo y Beijing. Airbus también se apoya en la cooperación industrial y asociaciones con grandes empresas en todo el mundo, y una red de suministradores de 1.500 compañías en 30 países.

Airbus se apoya en las habilidades y la experiencia de 16 centros en Francia, Alemania, España y el Reino Unido. Cada uno produce una sección completa del avión, que se transporta a las líneas de ensamblaje final de Airbus en Toulouse y Hamburgo.

La moderna y completa línea de productos incluye cuatro familias de aviones, con capacidades de 107 a 525 plazas:

- La familia A320 de pasillo único (A318/A319/A320/A321).
- La familia A330/A340 de largo alcance.
- La familia de nueva generación A350 XWB.
- La familia A380 de Superjumbos de dos puentes y muy largo alcance.



Además, anticipándose al crecimiento del mercado, Airbus está extendiendo su cartera de aviones de carga; la última adición a éste tipo de aviones es el A330-200F, un avión de tamaño medio y largo alcance que se beneficia de la excelente economía y la tecnología “fly-by-wire” del A330-200 de pasajeros. Además de los cargueros de nueva construcción, Airbus ha lanzado también el programa de conversión de pasajeros a carga de la Familia A320/A321, destinada a reemplazar la gran cantidad de pequeños cargueros anticuados en servicio actualmente. Además de ofrecer nuevos niveles de eficiencia a las operaciones de carga, extenderá la vida en servicio de la Familia A320 todavía más, e incrementará el valor residual de la flota.

Desde que la empresa entró en el mercado en 1974, Airbus ha vendido más de 9.200 aviones a más de 390 clientes/operadores y ha entregado 5.500 aviones.

En la actualidad, Airbus vive en un mercado altamente competitivo, y fruto de ésta competitividad y de otros factores la compañía se ve inmersa en una serie de problemas que amenazan. Algunas de estas cuestiones son:

- a. Un mundo en el que es patente un enorme incremento de movilidad. El tráfico aéreo se incrementa año tras año, del orden del 5%, y las compañías deben hacer frente con medios físicos y económicos a este aumento. Además, no hay que olvidar el impacto medioambiental que esto supone.
- b. La distancia económica creciente entre Estados Unidos y Europa. En la actualidad, Estados Unidos invierte el doble que Europa en equipos militares, y su inversión en I+D es seis veces superior.
- c. Un entorno en constante cambio y evolución. Están surgiendo diariamente nuevas necesidades de seguridad, debido a terrorismo de masas, proliferación nuclear, guerra cibernética, etc.
- d. Una brutal competencia en el mercado. El principal competidor de Airbus, Boeing, está en proceso de recuperación, aún con la debilidad del dólar frente al euro. Además se contempla que en un periodo de tiempo no muy lejano la amenaza de nuevos competidores: países como Rusia y China pueden disponer de la tecnología y medios necesarios para irrumpir en el mercado aeronáutico con fuerza.

Sin embargo, no se deben contemplar los problemas como meros obstáculos, sino como oportunidades de mejora. Tener una legislación más estricta con el medio ambiente ayuda a seguir innovando constantemente, y buscando nuevas tecnologías y medios para ser más competitivos. Por citar un ejemplo, el SuperJumbo Airbus A-380 es el primer avión que ha utilizado combustible ecológico para su vuelo, con un éxito sin precedentes.

“El Airbus A-380 prueba un nuevo combustible limpio para aviones” [en línea]. *El Mundo edición digital*. Artículo actualizado el 2 de febrero del 2008. <http://www.elmundo.es/elmundo/2008/02/01/ciencia/1201893394.html>. [Consulta: Marzo del 2009].

Debido a la situación del mercado y las amenazas existentes, Airbus, y en su conjunto formado con EADS sufre serios desequilibrios, que hacen que la situación actual sea comprometedora. A continuación se exponen algunas de las razones.

- a) EADS en su conjunto tiene una fuerte dependencia económica de Airbus. Para tener una visión general, se estima que el 64% de los ingresos provienen de la división de Airbus. Traducido a otra escala, esto significa que depende de un mercado altamente vulnerable a los ciclos de aviones comerciales, y a la carga financiera que supone la implantación de los programas de fabricación de dichos aviones.
- b) Fuerte dependencia europea del grupo. Se cifra en Europa un 77% aproximadamente de la contratación y un 97% de los empleados totales. Sin embargo el 57% de los ingresos provienen del exterior. Con estos datos, y teniendo en cuenta el acceso a los mercados y a la tecnología, la reducción de costes y la volatilidad del dólar, se hace necesario reforzar la presencia industrial y la captación de socios fuera de Europa.

Expuestas las debilidades y amenazas en las que la empresa se ve involucrada en el mercado actual, la Dirección plantea una serie de retos a cumplir en el futuro. En términos generales, los objetivos que involucran a todas las plantas y personal de Airbus van encaminados hacia los siguientes logros:

- I. Aumento de la rentabilidad, centrándose en la generación de valor.
- II. Convertir a Airbus en una empresa ecológicamente rentable, y actuar consecuentemente con los retos futuros.
- III. Compromiso y transparencia dentro de la organización
- IV. Mantener y aumentar el liderazgo tecnológico.
- V. Crear un nuevo modelo empresarial basado en la reasignación de los recursos humanos y financieros.
- VI. Creación una empresa Global, con activos y recursos humanos en países fuera de la Unión Europea, fomento de plataformas extracomunitarias, y la consolidación de nuevos clientes mundiales.

Teniendo en cuenta los objetivos hacia los cuales se va a encaminar el futuro de la empresa, es necesaria una profunda reestructuración y planteamiento de metas a corto plazo. Los objetivos necesitarán diversos recursos, y no sólo financieros: tecnológicos, capacidades, etc. Por lo tanto, es necesario:

- I. **Asegurar los recursos financieros necesarios para la implantación de los nuevos retos.** Se debe conseguir reestructurar la política financiera de la empresa, debido a que va a constituir un gran reto a nivel mundial durante la próxima década. Además, se debe tener en cuenta las posibles fluctuaciones del dólar frente al euro. Por otro lado, la compañía debe encontrar aporte económico y diversificar los riesgos que llevan implícitos los nuevos programas de fabricación mediante la consolidación de nuevos socios. De esta manera, se puede equilibrar el balance no sólo de Airbus, sino de la matriz EADS.

Otro punto a destacar es que Airbus debe mantener y proteger su base de capital, que es la que da seguridad a los inversores. Para ello se puede hacer uso de múltiples instrumentos que pone el mercado a su disposición: bonos híbridos, convertibles, aumento del capital, aumento de rentabilidad a medio-largo plazo, etc.

- II. **Reforzar el liderazgo tecnológico.** Para ello, la empresa necesita tener una base sólida y construir sinergias con las demás integrantes del grupo, mediante una política de apoyo y cooperación entre todos. Además debe desarrollar una cartera de productos tecnológicos para satisfacer las necesidades clave de los clientes, en materia económica, medioambiental, etc., y todo ello manteniendo la capacidad de supervivencia de las mismas. Se puede reforzar la inversión en investigación tecnológica mediante fondos públicos y privados, asegurando un esfuerzo duradero para la compañía.
- III. **Mejorar la gestión del personal.** El personal es la piedra angular dentro de la nueva filosofía de Airbus. Para poder desarrollar una gestión acorde con los objetivos, la Dirección propone un conjunto de principios, tales como:
 - a. Desarrollo de futuros talentos, y refuerzo de la estrategia de desarrollo del personal. El objetivo es establecer y mantener las competencias necesarias para los sistemas de gestión de proyectos complejos, así como sistemas de integración y desarrollo de equipos.
 - b. Gestión del personal con vistas de futuro, de modo que mediante su formación se garantice que Airbus cuente con las capacidades necesarias para afrontar futuros retos y problemas tecnológicos.
 - c. Mejorar la diversidad cultural de la empresa. El eje de la política de Recursos Humanos es la orientación hacia los objetivos, así como el fomento de una mayor movilidad entre las diversas plantas que forman el grupo a lo largo de Europa. Esta integración además fomentará la eficacia de la interrelación entre las funciones corporativas, los servicios compartidos y las divisiones.



Capítulo 2. **OBJETIVOS**

El objetivo del presente proyecto consiste en la exposición y el análisis detallado del proceso de gestión de la implantación de un nuevo sistema productivo en la línea de fabricación del modelo Airbus A-320 en la factoría de Getafe.

A lo largo del proyecto se expondrán las técnicas y herramientas empleadas para conseguir un nuevo sistema de producción, los pasos para la estandarización y la gestión eficaz del mismo. Asimismo, se profundizará en el estudio de novedosas técnicas para la resolución de problemas, y el mantenimiento en el tiempo del sistema de fabricación.

Para finalizar, se analizarán los beneficios del nuevo sistema implantado, así como posibles futuras líneas de trabajo para la mejorar la competitividad del mismo.

El contenido del proyecto se ha estructurado en cuatro grandes bloques:

- La definición de la estrategia empresarial.
- El proceso de diseño y planificación del nuevo proceso de fabricación.
- La implantación y el mantenimiento del sistema.
- La gestión de problemas y errores que tienen lugar en el sistema de producción.

2.1 LA NECESIDAD DE CAMBIAR

El rediseño del proceso de fabricación de la línea del A-320 se manifiesta a partir de una necesidad clave de Airbus: poder afrontar nuevos retos, y competir frente a los adversarios. De este modo, surge la idea de partir de cero, y ofrecer un nuevo modelo que rompa radicalmente con los principios por los que anteriormente se producían aviones.

Las amenazas y debilidades del entorno ponían de manifiesto una fragilidad en ciertos sectores de la empresa, los cuales no estarían en disposición de afrontar los ambiciosos objetivos que proponía la Dirección. Entre ellos, ser una **Empresa Competitiva** es el fin último de la Organización.

Sin embargo, el reto que presenta Airbus no es novedoso en sí mismo: la idea de la implantación en un sector aeronáutico sí es pionera en Europa, pero se debe aclarar que empresas pertenecientes a otros sectores también han tenido la misma necesidad, y se han visto obligadas a modificar sus sistemas productivos para hacer frente al mercado. Sirva como ejemplo, se presentan una serie de frases que ilustran el proceso del cambio a lo largo del tiempo en diferentes sectores de la industria, y el modo de ver los acontecimientos en un posible futuro.

- *“Considero que hay un mercado global para quizás cinco computadoras únicamente”* – Tomas Watson, IBM (1943).
- *“¿Pero para qué servirá esto?”* – Centro de cómputo avanzado de IBM, publicación de un artículo basado en el *Microchip* (1968).
- *“Cualquier cosa que pueda ser inventada ha sido ya inventada”* – Charles Duell, comisario de la Oficina de Patentes de EEUU (1899).
- *“¿Quién quiere oír como hablan los actores?”* – HM Warner, Warner Bros, 1927.
- *“No hay ninguna razón por la que una persona desearía tener una computadora en su casa”* – Ken Olsen, fundador de Digital Equipment Corp (1977).

Estos ejemplos muestran como los negocios, como cualquier otro aspecto de la vida, tienen paradigmas estructurados que gobiernan cada sector del mercado, marca y departamentos, y por norma general incurren en el individualismo.

En muchas ocasiones las personas involucradas en ciertos departamentos pueden actuar de manera reacia al cambio. En un mundo donde el mercado es variable, los principales peligros a los que una empresa se enfrenta suelen englobarse dentro de éstas categorías:

- Inestabilidad
- Alta variabilidad
- Competencia en la tecnología
- Costes externos

- Falta de recursos
- Competencia actual y posibles competidores futuros
- Inflación

Para lograr la competitividad en el mercado, es necesario estar por delante de las amenazas del entorno es el que está inmersa la compañía. Y para ello, el cambio continuo, la adaptación en tiempo real a las nuevas situaciones es indispensable.

2.1.1 ¿Cómo abordar el cambio?

Para tener éxito a la hora de implantar un nuevo sistema de fabricación, hay que tener en cuenta la importancia del mismo. En el caso de Airbus, éste cambio no sólo supone un nuevo concepto en la fabricación de un producto para el cliente, sino una renovación completa de la organización de la empresa. El cambio afecta a toda la estructura departamental, cuyos objetivos ahora van a ser enfocados hacia la competitividad de la empresa en un mercado altamente variable.

El primer paso, clave para abordar el proceso de cambio, empieza con una sencilla pregunta: **¿Cuáles son los factores fundamentales que dirigen a una empresa hacia el éxito en su Organización?**

A modo de resumen, se plantean los siguientes: Visión, Preparación, Motivación, Recursos y Plan de Acción. Estos factores deben tener un orden adecuado de concepción, y la eliminación parcial de alguno de ellos puede determinar un nuevo rumbo en los planes.



Figura 2. 1 Factores del éxito empresarial

Además de estos factores, hay que tener en cuenta la evolución de la psicología empresarial durante el cambio. El tiempo desde que la Dirección se plantea la reestructuración de un viejo sistema de fabricación hasta que el nuevo sistema ve la luz, es denominado **Periodo de Transición**.

Desde que se introduce la necesidad del cambio por primera vez, hasta que se ejecuta su aplicación, el proceso describe una curva como se ilustra en la figura 2.2.

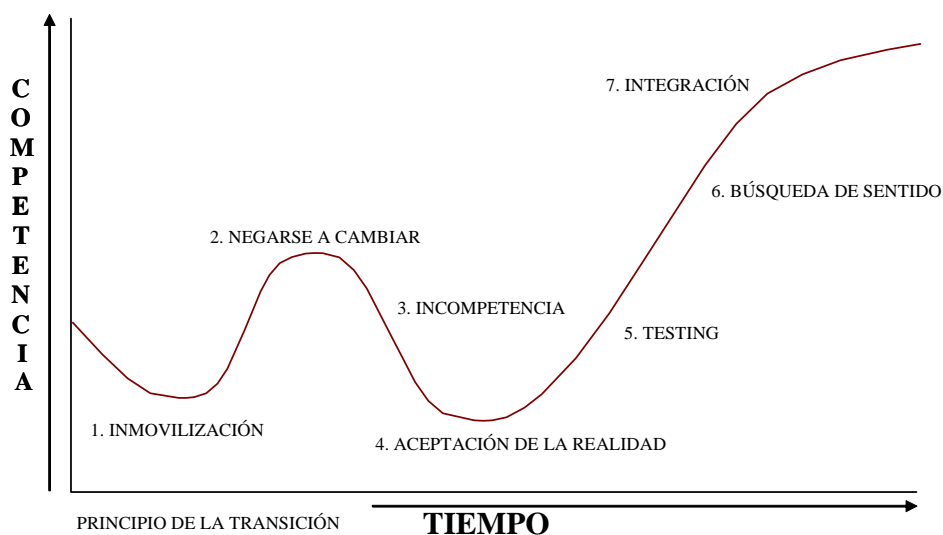


Figura 2. 2 Curva de Transición

Se puede apreciar a simple vista que las sensaciones a lo largo de la curva son variables. Una de las causas principales por las que las emociones y sentimientos de las personas varían es debido a la Inestabilidad. Para comprender mejor este concepto, se muestra en la figura 2.3 la denominada *Curva de Johansson*. Obsérvese cómo la estabilidad, que va evolucionando a lo largo del periodo de cambio, está en consonancia con las emociones que puede suscitar la incertidumbre del nuevo sistema.

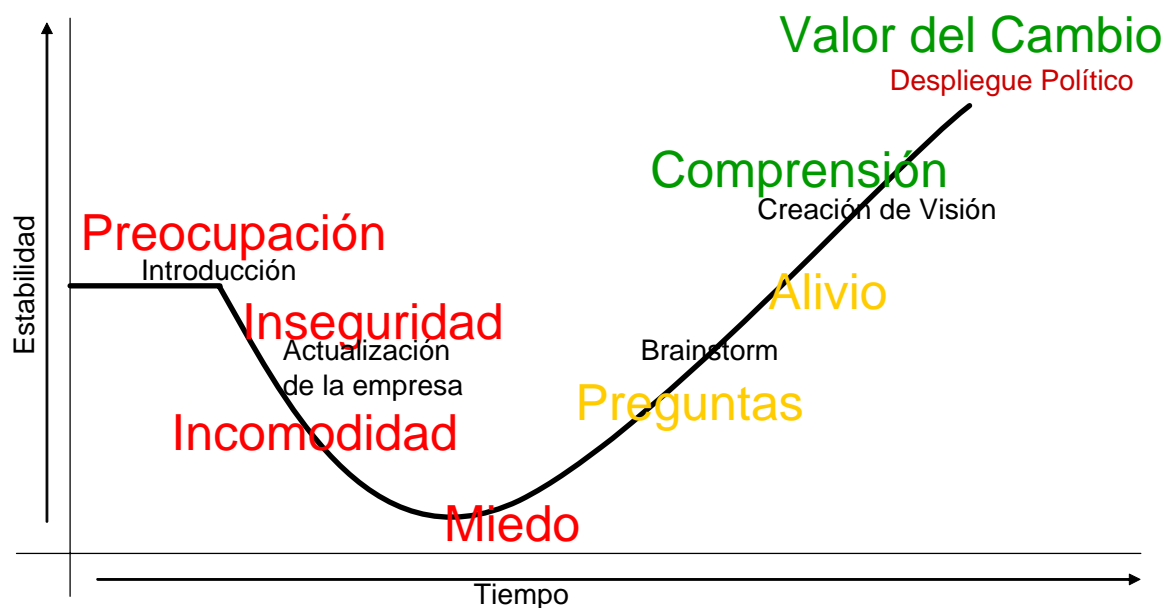


Figura 2. 3 Curva de Johansson

Independientemente de los modelos de comportamiento analizados, es necesario tener en cuenta una noción lógica de la realidad: no todas las personas reaccionan de la misma manera frente al cambio. Diversos estudios realizados en fábricas actuales han demostrado las distintas aversiones al cambio en una pirámide jerárquica, llegando a interesantes conclusiones como las que se ilustran en el siguiente gráfico (figura 2.4).

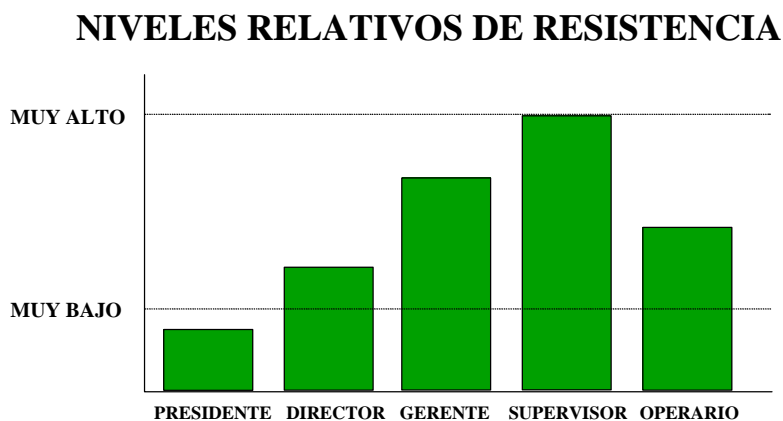


Figura 2. 4 Niveles de resistencia empresarial

Eso demuestra que los niveles de resistencia al cambio dentro de la organización varían, no van todos al unísono, por lo que al principio pueden provocarse discrepancias ante la amenaza de un nuevo sistema de fabricación. No obstante, a través de una correcta gestión y un liderazgo ejemplar, los responsables del nuevo sistema pueden encauzar todos los esfuerzos hacia una misma meta, y culminar con éxito este Periodo de Transición.

A lo largo de la historia se han sucedido ejemplos de compañías que han materializado de manera ejemplar sus visiones de futuro, y que actualmente están posicionadas de una manera firme en el mercado. Dichas compañías tenían instalados en el núcleo de sus organizaciones factores que determinarían en éxito en el futuro:

- Una visión clara y precisa cuáles eran sus ideas, y a dónde querían llegar.
- Un estándar perfectamente definido y comprendido por todos los niveles de la empresa, de cómo llegar a conseguir y materializar la visión.
- Una fuerte creencia, sentimiento de realización y compromiso de todos los participantes para alcanzar la visión.

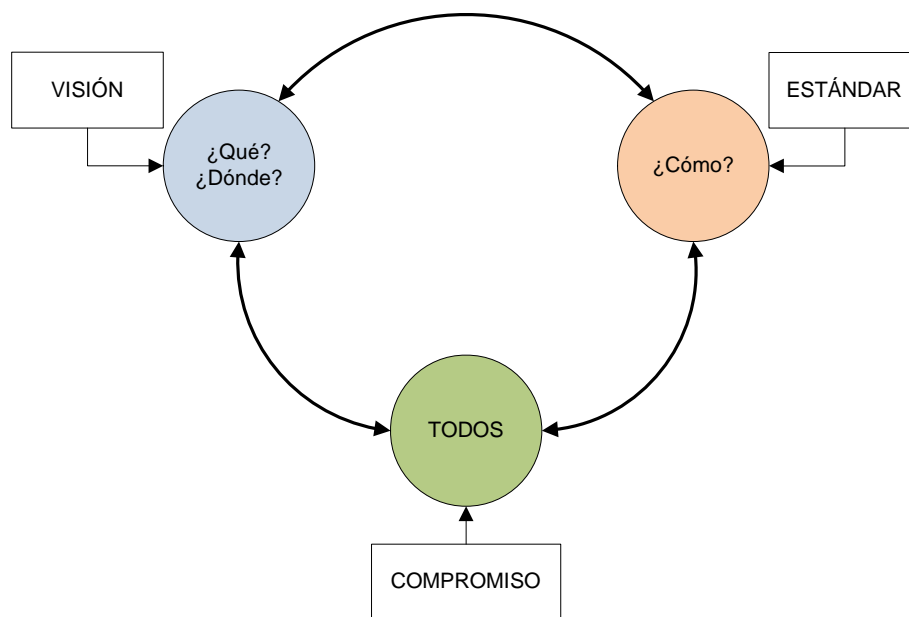


Figura 2. 5 Factores potenciales de éxito

Sin embargo, empresas importantes en diversos sectores han fracasado. Los motivos son heterogéneos, pero entre ellos, y a la hora de implantar nuevas ideas, sufren el denominado *Síndrome de Cristóbal Colón*:

- Parten sin saber dónde llegarán
- Cuando llegan, no saben a dónde han llegado
- Cuando regresan, no saben de dónde
- Suelen hacer las cosas con capital prestado

2.2 EL PROYECTO ALPS

El proyecto de implantación del nuevo sistema de fabricación desarrollado en Airbus, denominado en su conjunto “**Proyecto ALPS**”, es un sistema basado en las personas, las cuales van a constituir la base de la pirámide sobre la que se sustentará la producción. A través de nuevos métodos de fabricación, una gestión eficaz del personal y la integración multi-departamental para la obtención de logros, el nuevo sistema ofrecerá a medio-largo plazo una sólida cimentación para ir afrontando las nuevas necesidades de los mercados actuales.

El *Proyecto ALPS* persigue una meta clara: ***“la elaboración de una serie de conceptos y técnicas encaminadas a la producción eficiente, de modo que se puedan realizar las entregas a los clientes de los productos requeridos, cuando son requeridos, en la cantidad requerida, en la secuencia requerida, y sin defectos”***.

La aplicación de éstos conceptos a la hora de fabricar supone a Airbus una forma de reducir costes, mejorar los resultados, y en definitiva crear valor a la empresa.

2.2.1 Fundamentos del nuevo sistema

Como se ha mencionado anteriormente, el enfoque del nuevo sistema es distinto a todo lo conocido hasta ahora. Todo el sistema estará centrado en las personas: a partir de esa base, se aplicarán una serie de principios basados en la gestión y estudio de diversas herramientas y comportamientos para lograr un ajuste perfecto del método productivo a los objetivos planteados.

Como es lógico, el nuevo enfoque también repercutirá en la forma de trabajar y organizarse dentro de la fábrica. Si se compara la visión del nuevo proceso de fabricación de Airbus, con la fabricación tradicional, surgen evidentes diferencias, las cuales se resumen de modo visual a continuación.

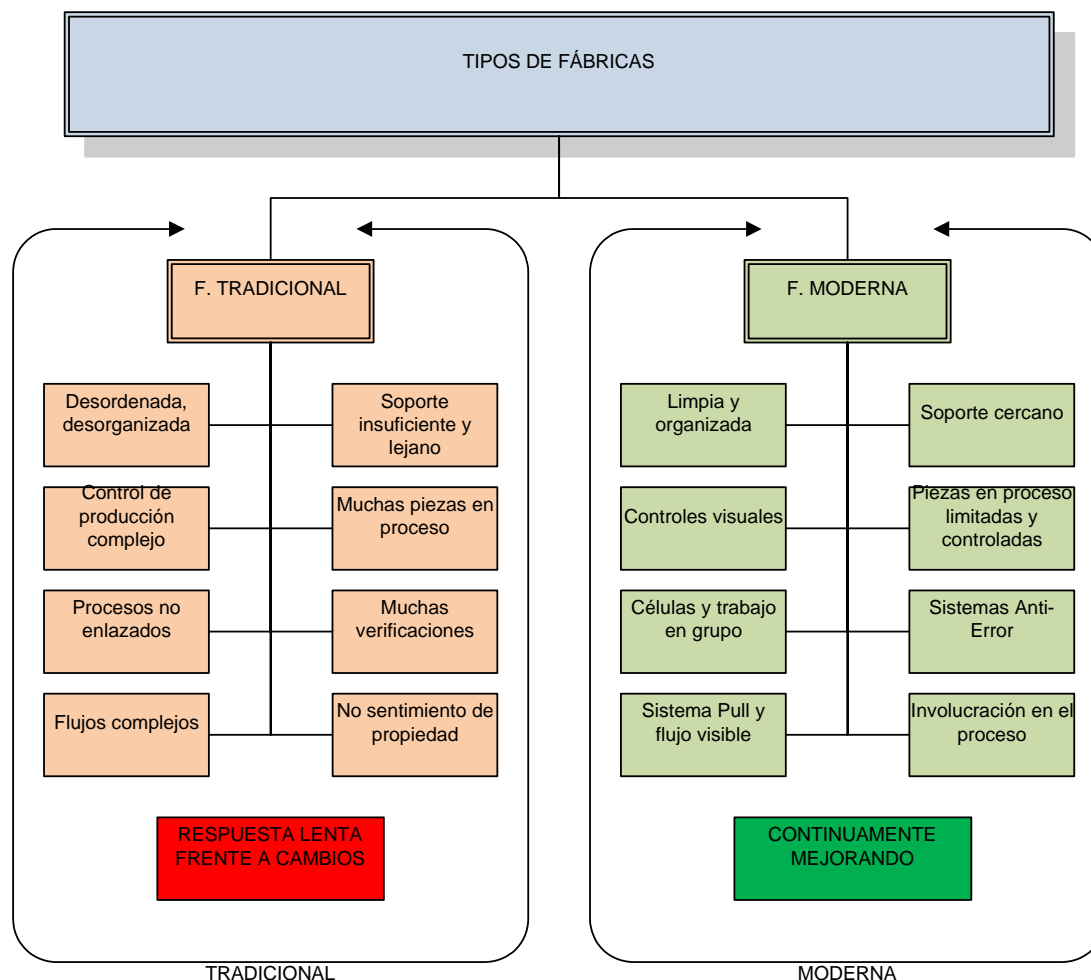


Figura 2. 6 Comparativa entre sistemas

Durante el desarrollo del proyecto se estudiarán y analizarán una serie de *herramientas* que permitirán una gestión eficaz de la planta. Entre ellas, cabe destacar las siguientes, debido a su importancia:

- Estandarización del trabajo.
- Equilibrado de líneas de fabricación.
- Gestión Visual de la factoría.
- Distribución adecuada en planta.
- Prevención de defectos.
- Métodos para la resolución de problemas.
- Eliminación de los Desperdicios.
- Gestión óptima de la información.

- Sistemas logísticos adaptados a la producción.

Asimismo, fruto del trabajo centrado en las personas, surge la necesidad del estudio de diversos *comportamientos*, entre los cuales cabe destacar:

- Reconocimiento de esfuerzo y dedicación.
- Comunicación efectiva.
- Gestión eficaz de grupos de trabajo.
- Enfoque al proceso de producción.
- Liderazgo mediante buenas prácticas.
- Seguimiento de acciones periódicas.

Si la implantación que se lleva a cabo en la actualidad tiene éxito, los principales **beneficios** en la organización se pueden resumir en:

- Flujo Continuo de producción.
- Maximización de las actividades que añaden valor al producto.
- Trabajar con el menor número de desperdicios.
- Aplicación del sentido lógico y común a la hora del diseño de los procesos.

Cuando todos los departamentos trabajen en consonancia, y orientados hacia los objetivos, se cumplirá la *Regla del Triángulo*: perfecta armonía entre el coste, la calidad y las entregas del producto, a través de una gestión y apoyo eficaz de los medios humanos.

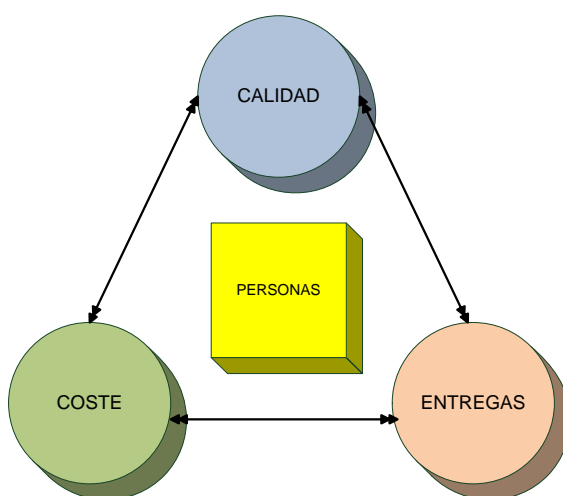


Figura 2. 7 Regla del Triángulo

Las mejoras expuestas repercuten de manera tangible sobre una reducción de costes. La reducción de costes proviene de diversas fuentes, entre las cuales se citan las más importantes desde el punto de vista de la fabricación:

- Ser más competitivos.
- Mantenimiento del trabajo propio de Airbus, evitando subcontrataciones.
- Potencial aumento de la carga de trabajo dentro de la factoría.
- Mayor y mejor reparto de los beneficios.
- Incremento de la formación y conocimientos de los operarios de manera efectiva.

2.2.2 Estado del proyecto en la actualidad

La decisión de la implantación de un nuevo sistema de fabricación comenzó en el año 2006. Mediante un comité, se evaluaron un total de diecinueve factorías de Airbus, obteniendo unos datos consistentes para el análisis de su estado y capacidades. Dicha herramienta constaba con más de quinientos criterios para la evaluación, los cuales integraban dimensiones y elementos como muestra la figura 2.8.

Dimensiones	Elementos						
Automatización	Detección de la Anomalía			Detención del proceso y llamada (Andon)			
Gestión de Calidad	Calidad Precedente			Control y Gestión de la Calidad			
Sistemas Flexibles de Mano de Obra	Separación Hombre/Máquina	Disposición de la Célula/Línea	Diseño del Flujo	Construcción de Aptitudes	Procedimientos de Operaciones Estándar		
Personal	Estilo de Gestión	Coordinación y Comunicación	Disponibilidad para la Mejora y Cambio	Gestión del desempeño	Seguridad		
Just-in-Time	Planificación Nivelada		Flujo Continuo	Takt	Pull System		
Gestión de la Cadena de Suministro	Transporte		Logística Interna	Gestión del Inventario / Manipulación del Material		Calidad Entrante de los Proveedores Externos	
Sistemas de Apoyo	5S	Gestión Visual	CMMS	TPM y Utilización de la Capacidad	Cambios / SMED	Resolución del Problema	KPIs
Funciones de Apoyo	Desempeño del mantenimiento		Desempeño de Logística	Desempeño de Ingeniería de fabricación		Desempeño de Diseño del Producto	

Figura 2. 8 Informe de evaluación

Esta herramienta proporciona una vía común de medición para todas las plantas de Airbus. No es una herramienta propia que ha surgido intrínsecamente dentro de la organización, sino que es una adaptación de modelos existentes en el mercado hacia los objetivos de la empresa aeronáutica.

Del mismo modo que mide de manera objetiva el estado de implantación de los nuevos sistemas y proyectos de mejora, la herramienta proporciona información indirecta de los potenciales ahorros debidos a la implantación de nuevas prácticas.

Los resultados de la evaluación reflejaban de manera clara la situación actual, así como los puntos fuertes y débiles de cada factoría. A su vez, servían de referencia para averiguar cuáles eran las plantas que tenían alguna ventaja competitiva en relación con un criterio específico, estableciendo de ese modo valores de referencia, denominados **Mejores Prácticas** (*Best Practices*). Se pudieron identificar, en su momento, una planta líder en cada uno de los criterios que sirvieron de evaluación.

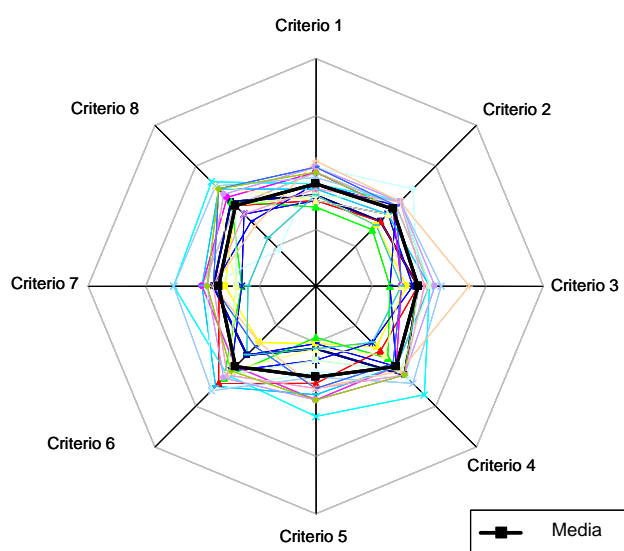


Figura 2. 9 Criterios de evaluación

Posteriormente a la evaluación, Airbus diseñó el plan para el *Despliegue de la Política Empresarial*, y los medios necesarios para afrontar el reto que suponía la implantación del nuevo sistema.

En términos generales, los pasos seguidos tras la evaluación son los siguientes:

1. **Primer Despliegue.** Inicio de las primeras medidas para afrontar el cambio del nuevo sistema de fabricación en las plantas piloto del Airbus
2. **Mejoras Rápidas.** Durante el proceso de evaluación al que se sometieron las factorías de Airbus, se detectaron oportunidades de mejora de rápida implementación.

3. **Mejores Prácticas.** De las factorías con mejor evaluación en alguno de los criterios, se compartieron medios y recursos con las demás.
4. **Despliegue Definitivo.** Inicio del proceso de implantación del nuevo sistema en el ámbito global e interdepartamental, comenzando por las áreas piloto.

En la fábrica de Getafe, la implantación comenzó hace algo más de un año, definiendo un plan de transformación, en el cual se plasmaban los objetivos y horizontes temporales necesarios para la consecución del nuevo sistema.

Actualmente, se sigue trabajando para que culmine con éxito la implantación, y posteriormente se deberá hacer hincapié en el mantenimiento y sostenibilidad del nuevo sistema.



Capítulo 3. **POLÍTICA Y ESTRATEGIA EMPRESARIAL**

Para conseguir a través de una idea la implantación de un nuevo sistema a nivel global es necesario tener bien definido, en primer lugar, una **Estrategia**.

El objeto de este capítulo es la exposición, en términos generales, del proceso de creación de la Estrategia Empresarial, y cómo los conceptos definidos en los niveles superiores de la Organización se transmiten hacia los niveles inferiores. De este modo se orientará el futuro sistema productivo hacia los objetivos definidos por Airbus.

La Estrategia Empresarial, basada en la Política, sentará las bases de lo que a lo largo del proyecto se desarrollará de una manera compleja. Estas bases, sólidas en su conjunto, soportarán, englobarán y dirigirán el futuro del sistema de implantación, un futuro de acuerdo con la Política y los compromisos de Airbus.

El conjunto de técnicas empleadas para conseguir el fin de éste proyecto se aúnan bajo el concepto denominado **Despliegue de la Política**. Como se ha citado anteriormente, este despliegue se dosifica de una manera escalonada, afectando a todos los niveles jerárquicos de la empresa.

El proceso de Despliegue sigue un desarrollo secuencial: se parte de la *Estrategia* definida por el departamento de Dirección, y a través de ella se crea una *Visión a Largo Plazo*, íntimamente ligada con la Política Empresarial. Fruto de la Visión se determinarán los *Planes Tácticos de Implementación*, que afectarán directamente a los niveles inferiores.

Este desarrollo, sencillo a simple vista ya que únicamente consta de tres pasos, engloba los mayores esfuerzos de la Dirección de la empresa, así como de los niveles inferiores, para implantar con éxito una idea en la factoría.

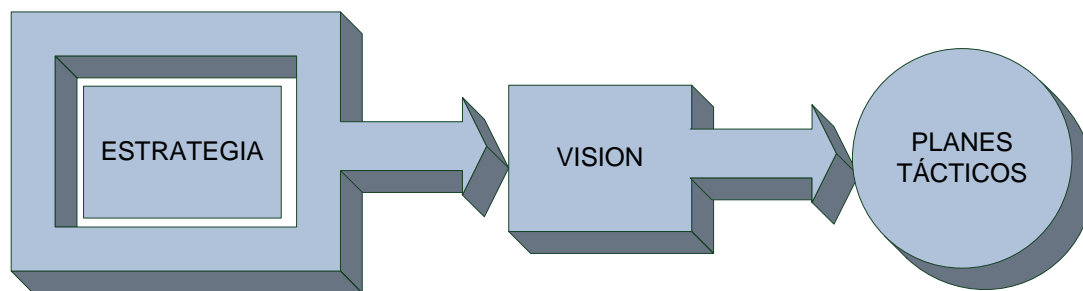


Figura 3. 1 Creación de la Estrategia

3.1 DESPLIEGUE DE LA POLITICA

El Despliegue de la Política constituye la columna vertebral del negocio y las ideas de la empresa, e indica los medios necesarios para materializar ambos conceptos. Mediante el Despliegue de la Política, y a través del contacto con la estructura organizativa y la comunicación interdepartamental, se logra que los objetivos abarquen todos los niveles de la empresa.

El objetivo principal es la definición, de una manera específica, del camino que debe tomar la empresa en su conjunto. Las metas implícitas en la Visión Estratégica son:

- Comunicar y confirmar el estado de las directrices, basado en el diálogo entre todos los departamentos
- Animar, apoyar y motivar a los operarios para participar en un proceso de mejora continua, del cual sea partícipe también la dirección de la empresa.
- Generar un sentimiento de identificación y responsabilidad entre todos los niveles de la organización.

Si se carece de una visión de “hacia donde se quiere llegar”, todo intento de cambio dentro de una empresa fracasará (recordar el *Síndrome de Cristóbal Colón*).

El Despliegue de la Política está estrechamente unido a unos **principios básicos**, pero claves en la dentro del nuevo sistema de Airbus. Estos principios serán los verdaderos protagonistas del cambio a lo largo del proyecto, ya que están implícitos en la filosofía de la empresa, y son comprendidos y aceptados por toda la estructura.

- Se delegará la responsabilidad hacia los niveles más bajos de la organización. El operario del taller se convertirá en el eslabón más importante de la cadena.
- Comunicación fluida y transparente. Creación del concepto *Go & See* (“Ve y Observa”). Los niveles superiores de la organización comprueban y se comunican directamente con el operario.
- Todos los empleados comprenden y son responsables de su contribución al rendimiento global de la empresa

En resumen, la frase que sintetiza la nueva filosofía es “*Involucra a la mayoría, no a la minoría*”. Sólo mediante una actuación conjunta de todos los niveles organizativos es posible culminar con éxito un proceso como al que se enfrenta una empresa hoy día para asegurar su supervivencia en el futuro.

“La ventaja competitiva es la capacidad de una organización para reunir, compartir y utilizar la riqueza de la inteligencia y experiencia que está bloqueada en cada uno de los individuos que la forma.”

PARISI-CAREW, Eunice; CAREW, Don; FINCH, Fred; STONER, Jesse. “Office of the Future Report”. Leadership 2005, p. 5-6.

3.1.1 Estructura del Proceso

El Despliegue de la Política proporcionará a la empresa el elemento clave para la transformación del sistema productivo. Para ello, el despliegue estará basado en el establecimiento de un canal que proporcione una comunicación efectiva desde la Dirección hasta los escalones inferiores.

En este apartado, se tratarán aspectos relevantes a la creación de la Visión Estratégica de la empresa, y de cómo dicha visión puede traducirse en acciones a través de las correctas herramientas.

El Despliegue de la Política traducirá los objetivos en el ámbito global de la empresa en objetivos tanto de grupo como individuales, de modo que cada miembro de la organización pueda ver y comprender cómo contribuye al éxito global de la empresa mediante su aportación. Para establecer cómo contribuye cada objetivo a la Planificación Estratégica global, es necesario además contar con las apropiadas técnicas de medición. Sin éstas técnicas, es difícil decidir donde concentrar los esfuerzos y equipos de mejora, aparte de comprobar y cuantificar los logros que se van produciendo.

El proceso de Despliegue de la Política, desde que el Director General propone un nuevo concepto para la Organización, se puede estructurar de la siguiente manera:

1. Se crea una **Visión a Largo Plazo**, en la cual se plasman los objetivos de la Dirección. Dichos objetivos deben ser abordados por todos los departamentos, mediante la aplicación en cascada de la estrategia. Esta visión es denominada *Blue Sky Vision*, y se verá más adelante dada su complejidad e importancia.
2. A través de la *Blue Sky Vision* se determinan unos **Objetivos**. Los Objetivos son los fines últimos de las acciones o planes que se van a diseñar para lograr la Visión. Aunque no todos los departamentos tengan los mismos objetivos, sin embargo deben estar alineados hacia la misma Visión Estratégica. Un departamento puede modificar dichos objetivos siempre y cuando dicha modificación ayude al desarrollo de sus planes.
3. Para la correcta evaluación de los objetivos y políticas de desarrollo, es necesario un **Sistema de Medida**. Los Sistemas de Medida son una serie de metas-hitos que se definen para cada objetivo, y deben ser aplicadas en cascada hacia toda la organización. Las medidas, por lo tanto, no son iguales para todos los niveles, sino que se adecuan al nivel de detalle necesario para cada departamento.
4. Una vez que se han definido los sistemas de medida y su funcionamiento, es necesario generar las **acciones** necesarias para la implantación. La forma más visual y representativa que aúna estos conceptos es la creación de un **Plan Estratégico de Implantación**. Este documento recoge las preguntas fundamentales en cuanto a las acciones a tomar: qué se va a hacer, quien es el responsable, cuanto tiempo llevará la implantación, cómo se hará (pasos intermedios), ...
5. Por último, se debe desarrollar un plan efectivo para el **Sostenimiento** en el futuro de las acciones. En este sentido, cabe destacar la importancia de tres conceptos: una monitorización periódica de las acciones y su evolución, una revisión de las mismas (para asegurar que las acciones están en consonancia con los

objetivos definidos), y una retro-alimentación (*Feedback*), para poder afrontar mejoras o posibles problemas derivados del proceso de implantación.

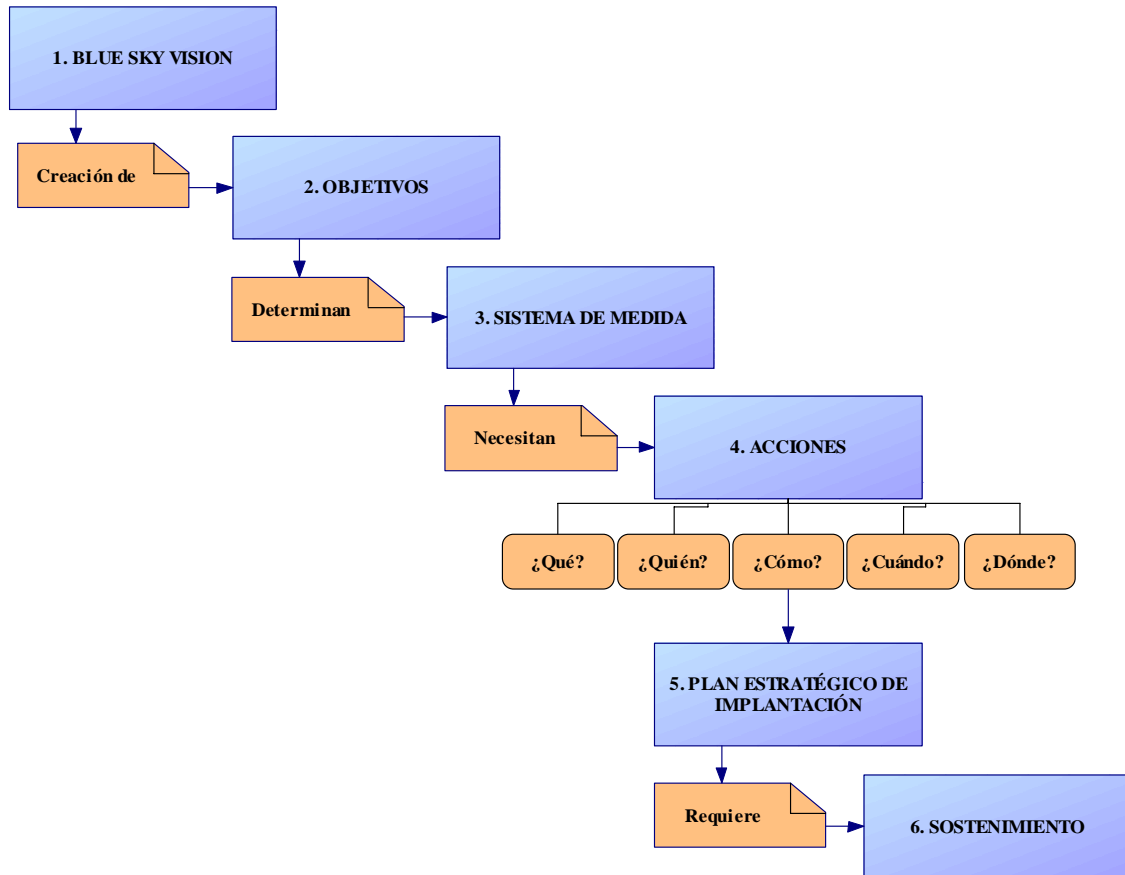


Figura 3. 2 Proceso de Despliegue de la Política

3.2 LA VISIÓN ESTRATÉGICA. BLUE SKY VISION

Se puede definir la *Blue Sky Vision* como la visión de futuro, es decir, a largo plazo de la empresa.

Proviene del símil “visión de cielo azul”, término empleado por la aeronáutica, en el cual se define una visión clara y sin obstáculos del cielo, análogamente como si nada impidiese poder vislumbrar el futuro.

A través de éste procedimiento, se establecen en líneas generales cuáles van a ser la Visión y la planificación de los procesos a lo largo del tiempo en la fábrica, como se ha descrito en el apartado anterior. La Visión afecta a todos los departamentos de la organización, los cuales a través del establecimiento de sus propios objetivos deben de ser capaces de alcanzar las directrices especificadas por la Dirección.

Para una correcta preparación de la Visión Estratégica, es necesario seguir los sucesivos cuatro pasos que se exponen a continuación:

1. Creación de la Visión Estratégica
2. Aplicación en Cascada y Comunicación
3. Inicio de la Visión
4. Revisión del proceso

1. Creación de la Visión Estratégica.

Para la implantación de un nuevo sistema de fabricación, Airbus necesitó crear una Visión Estratégica completamente diferente a la que se seguía desde hace años. Los problemas derivados de la competencia, y los costes de producción crearon una necesidad en la alta dirección de la empresa: modificar el proceso productivo para poder hacer frente al mercado actual. El objetivo: ser una empresa competitiva. La nueva visión tiene las siguientes novedades:

- Tiene como punto de partida un *pensamiento global*, a nivel de sistema, y no funcional. En otras palabras, supone que la Visión debe involucrar a todos los departamentos de la empresa, los cuales aunarán sus esfuerzos para dirigirse a un fin común. Esto es completamente diferente de la Visión Tradicional, funcional, en la cual cada departamento es responsable de sus objetivos, y no hay ninguna interrelación entre ellos.
- Se persigue una estabilidad en el *valor de la empresa*. La Dirección Estratégica va enfocada a un sostenimiento del sistema en el futuro, por lo cual se deben evitar en la mayor medida posible la continua toma de decisiones reactivas ante posibles eventos pasajeros, y de poca duración.
- Se debe perseguir y valorar un *proceso de cambio*, y no intentar mantener un *statu quo*. Todos los miembros de la organización deben comprender que

aquellos cambios que dieron lugar a un éxito en el pasado, no necesariamente son los mismos que asegurarán el futuro. Frases como “*esto aquí no es posible*”, deben ser evitadas, y se deben aceptar nuevos retos para seguir compitiendo en el mercado.

- La gestión eficaz del personal y sus interrelaciones es fundamental en la Visión Estratégica. Se debe comprender y generar en los empleados un sentimiento de responsabilidad hacia la empresa, y de este modo podrán sentir cómo su contribución afecta a la misma. Además, la comunicación efectiva y la consideración de aspectos emocionales en la Visión Estratégica aportan gran valor a la hora de tomar decisiones.

2. Aplicación en Cascada y Comunicación.

El proceso de la Comunicación Efectiva, y la estructura que apoya el proceso son elementos críticos a la hora de una implantación eficaz. La intención del establecimiento de un canal de comunicación en cascada, con herramientas que ayuden a su correcta gestión, hace que sean cuantificables parámetros como la eficiencia, y en definitiva, hacen visible el estado en el que se encuentra la implantación.

Es necesario, pues, establecer un método para escalar y realimentar la información desde los niveles inferiores a los superiores y viceversa, para que de este modo se cumplan y revisen los objetivos.

Una herramienta fundamental es el establecimiento de la *Fábrica Visual*, un sistema de gestión rápida en el cual de un vistazo se pueda ver y entender el estado actual, y tomar decisiones. Dada la importancia de ésta herramienta, se tratará en detalle en los siguientes capítulos.

3. Inicio de la visión

En la nueva Visión Estratégica de la empresa, toma una relevante importancia la **Gestión por Objetivos**. Los objetivos fijados deben ser transmitidos a través de la aplicación en Cascada y la Comunicación hacia todos los niveles de la organización. De este modo, y en relación con el punto anterior, se van a tener dos flujos importantes, y retroalimentados. Por una lado, los *objetivos* definidos por la dirección, y por otro, la *información* procedente de todos los niveles y departamentos de la empresa.

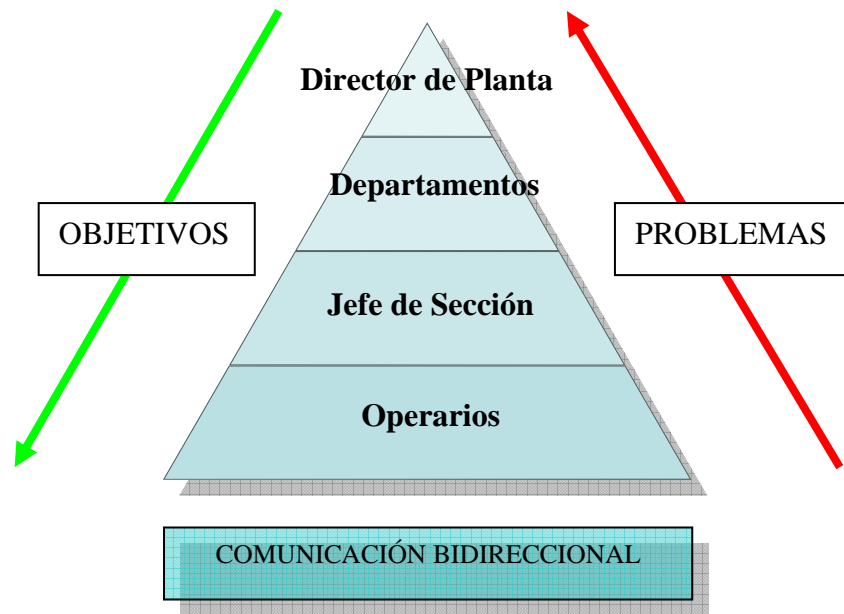


Figura 3. 3 Estructura organizativa y flujos

Estos flujos, a pesar de parecer bastante lógicos, no están estandarizados en todas las empresas. En la mayoría de ellas, suelen coexistir una serie de problemas básicos como los que se describen a continuación:

- Los objetivos no son claramente conocidos por toda la organización
- Los objetivos no son estáticos, sino que suelen evolucionar a lo largo del tiempo.
- Los objetivos no se cumplen en su totalidad
- Los objetivos se cumplen, pero no hay una mejora visible.
- El progreso conseguido no se mantiene en el tiempo.
- Se han logrado unos objetivos a corto plazo, a costa de enormes inversiones de tiempo y recursos.

Para un correcto Despliegue de la Visión, se deben tener en cuenta los niveles de detalle que se aplicarán a las diversas decisiones. Por ello, los niveles en los que se divide la Visión son:

- *De alto nivel*, mapa de ruta. Duración mensual, a largo plazo.
- *Planes Tácticos de Implementación* por línea de producción, cuya revisión es semanal.
- *Planes Tácticos de Implementación* con las acciones detalladas, incluso diarias, con revisiones constantes. Acciones de trabajo en concordancia con las semanales implantadas en los Planes Tácticos.

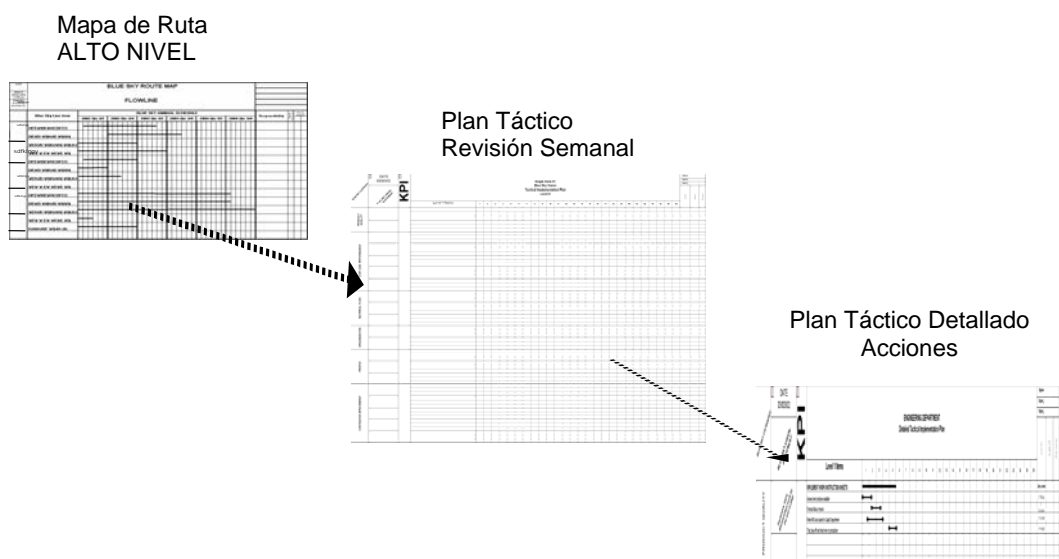


Figura 3. 4 Niveles de detalle de la Visión

4. Revisión del proceso

Durante el proceso de la implantación, pueden surgir problemas que afecten de manera significativa a lo previsto. Estableciendo un método periódico de revisión de los Planes Tácticos de Implementación, así como una herramienta de solución para los problemas, se pueden atacar las dificultades propias que surgen ante un cambio esta envergadura.

La problemática que puede surgir a lo largo del proyecto es de diversa índole, así como la posible duración de las inoportunidades. De este modo, cada problema debe ser analizado y priorizado de acuerdo con su impacto y duración, estableciendo una revisión periódica de su estado.

3.3 EL PLAN DE IMPLEMENTACION TÁCTICO

Una vez diseñada la estrategia a largo plazo de la empresa, los departamentos deben trabajar para conseguir su implantación, y materializar las ideas en resultados.

En los apartados anteriores se expusieron las dos primeras fases del Despliegue de la Política: la Estrategia Empresarial y la Visión. Este apartado tiene como objetivo el desarrollo de la última fase, centrada en los Planes de Implementación Tácticos.

El Plan de Implementación Táctico (**TIP**, *Tactical Implementation Plan*), es herramienta necesaria para la consecución de las ideas definidas por la Dirección, y que afectan directamente a los niveles inferiores de la pirámide jerárquica.

El *TIP* va a mostrar un conjunto de acciones necesarias para lograr las objetivos, de modo que sea visible y accesible a todo el personal, y a su vez sea fácil de monitorizar y revisar. Los objetivos definidos en el *TIP* provienen de un estudio previo en el que se analizan:

- Las posibles oportunidades de negocio
- Los procesos de valor de la empresa
- Los objetivos de la Visión Estratégica
- El *Benchmarking*
- Las evaluaciones periódicas del negocio

De este modo, el *TIP* va a incorporar el resultado de las acciones tomadas en el presente para poder afrontar los retos futuros.

3.3.1 La necesidad del *TIP*.

Mediante el *TIP* se va a obtener una representación visual de las tareas requeridas para alcanzar los objetivos del negocio. Un *TIP* va a mostrar, de manera clara, los siguientes conceptos:

- El conjunto de **objetivos** que apoyarán al Plan de Implementación Táctico.
- Una serie de **hitos** de fácil medición para hacer el seguimiento de los objetivos.
- Una planificación basada en el **tiempo** de los objetivos.
- Un **método visible** de comunicación acerca de qué es lo que se tiene que hacer.
- Un **seguimiento** de las personas responsables del cumplimiento de los objetivos.

En ocasiones, ciertos negocios pierden parte del control y la planificación de los hitos necesarios para alcanzar las metas definidas. Una mala planificación puede dar lugar a:

- Intentar mejorar todo al principio, de manera desordenada. Normalmente, se intenta involucrar a un número alto de personas, las cuales no pueden alinearse bajo un mensaje común. Surge estrés, debido principalmente al gran número de cambios producidos, y la planificación asume un alto porcentaje de riesgo.
- Cambios no coordinados, centrados en procesos o sistemas. Esto hace difícil la tarea de relacionar las mejoras dentro del análisis de valor del negocio, además de la imposibilidad de medir los beneficios hasta que no se han completado las acciones. Incluso puede dar lugar a que se concentren los esfuerzos en un objetivo muy específico, perdiendo la visión general.

Para evitar ésta serie de problemas, el *TIP* puede mostrar de una manera clara, y a todo el personal involucrado, cuáles son exactamente los objetivos que se deben alcanzar, quiénes van a ser los responsables de dichos objetivos, y el horizonte temporal de cumplimiento. Y lo que es más importante: el establecimiento de revisiones periódicas de acuerdo con una planificación basada en el tiempo.

Como se vio en la etapa de creación de la Visión Estratégica, un *TIP* tiene varios niveles de jerarquía.

- **Mapa de ruta.** Es aquel cuyo propietario es el director del negocio. En él se exponen las directrices generales para consecución de objetivos de alto nivel. Su planificación es extensa en el tiempo (mínimo 6 meses vista).
- ***TIP* para Línea Modelo.** Es un *TIP* cuya localización se encuentra en el Departamento de Operaciones, establece las directrices generales para alcanzar objetivos específicos recogidos en el Mapa de Ruta. Está estructurado en varias etapas de implantación (*Waves*).
- ***TIP* Detallado.** Recoge las acciones necesarias para la implantación de los objetivos recogidos en el *TIP* de la Línea Modelo. Ofrece el nivel más alto de detalle, y su planificación debe ser muy concisa, así como sus revisiones periódicas. De él dependen durante las etapas de implantación los *TIP* de mayor jerarquía.

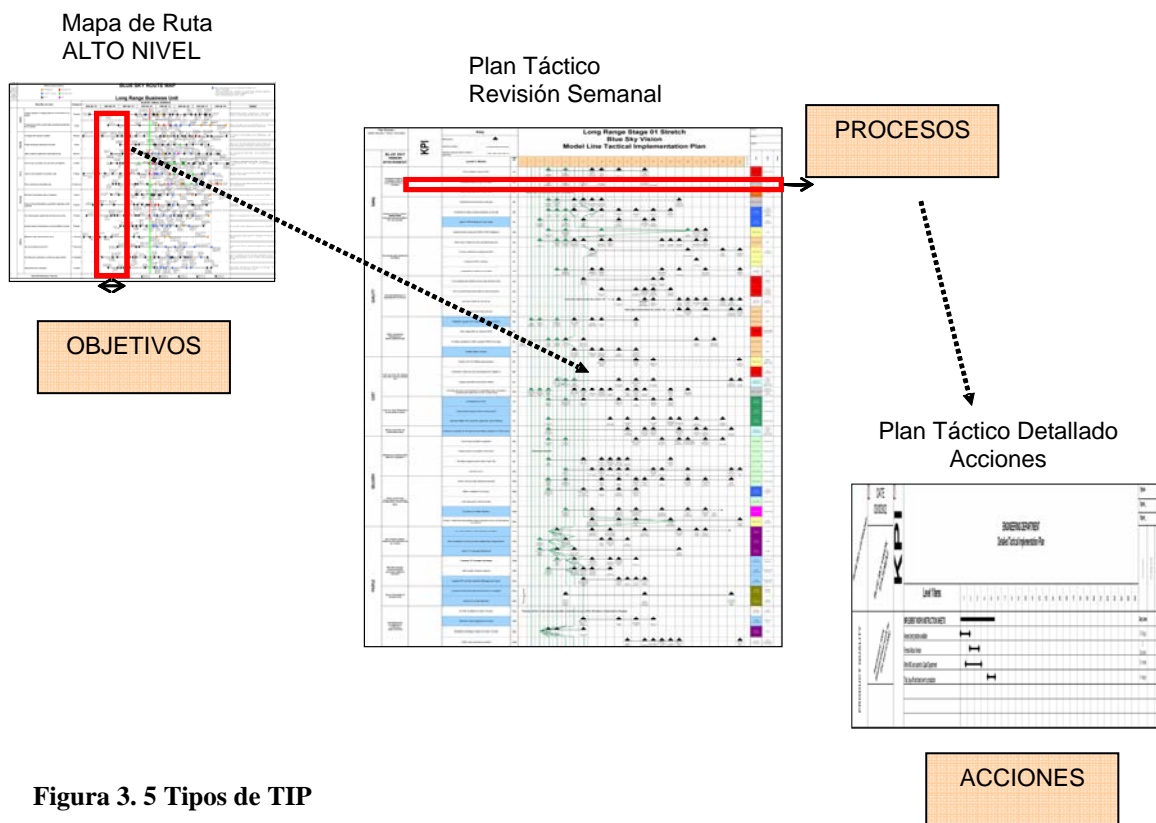


Figura 3. 5 Tipos de TIP

3.3.2 Creación del *TIP*

Para la creación de un *TIP*, se debe recordar la premisa fundamental: en él se plasmarán los objetivos de la empresa, y para ello es necesario un análisis de la situación actual y una visión de futuro. Además se debe tener en cuenta el nivel de detalle del mismo, y el horizonte temporal necesario para la ejecución de los objetivos. Un diagrama en líneas generales de los elementos que configurarán el *TIP* sería el siguiente (figura 3.6):

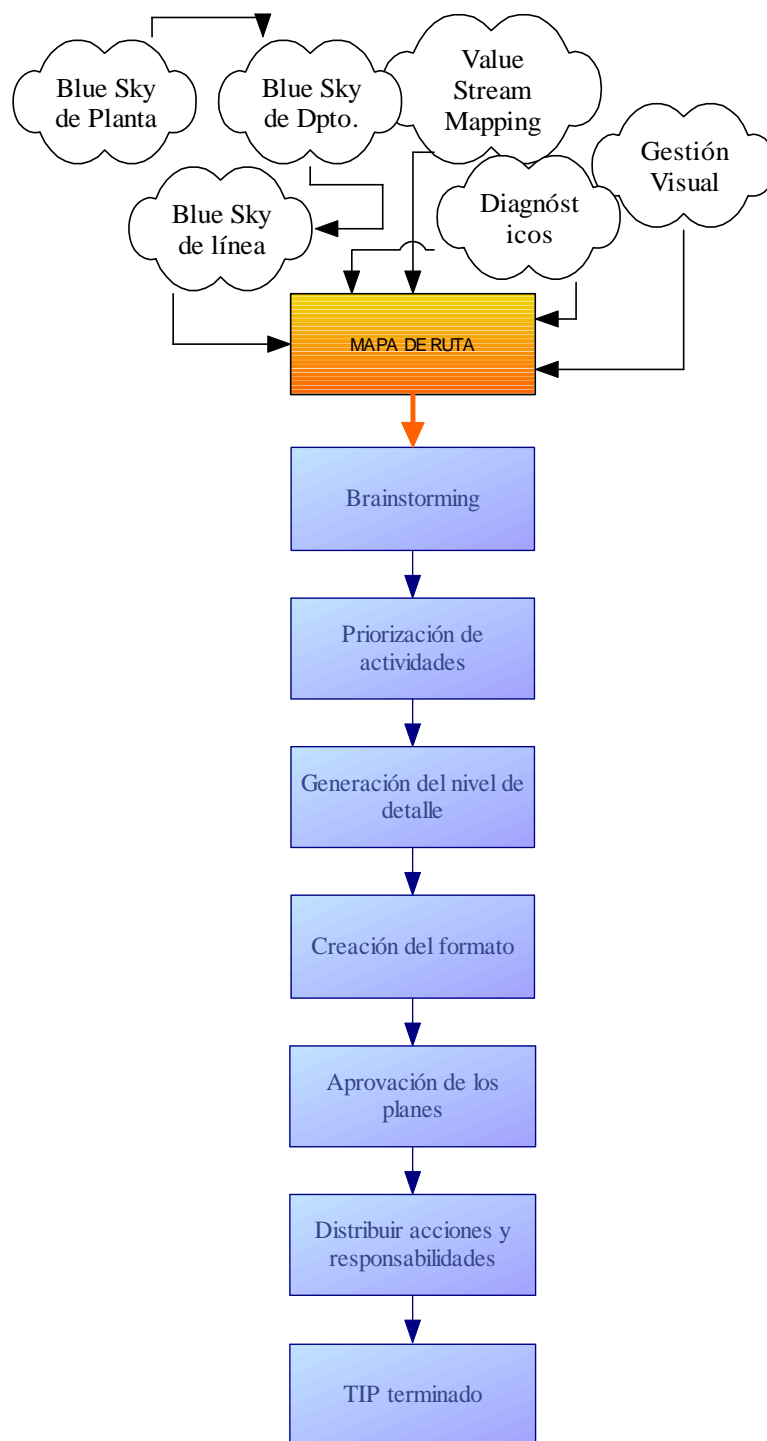


Figura 3. 6 Creación del TIP

Como se aprecia en el diagrama, hay dos flujos fundamentales para elaborar el Plan de Implementación. Por un lado, se plasman las ideas surgidas a través del ejercicio de la *Blue Sky Vision*, a diferentes niveles jerárquicos. Es, por llamarlo de forma genérica, el futuro hacia dónde se pretende llegar. El otro flujo viene dado por la situación actual, el presente. Mediante las herramientas de diagnóstico a varios niveles, y los análisis de Flujo de Valor, se obtiene la situación real de la factoría. Al combinar ambos flujos, y traducirlos en un Plan Táctico de Implementación, surgen una serie de interrelaciones entre ellos, y el método para plasmar las ideas en acciones viene definido por los pasos necesarios para la creación del plan. Dichos pasos se resumen en:

- 1º. Generación de actividades de Nivel 1.
- 2º. Priorización de las actividades de Nivel 1.
- 3º. Generación del detalle para el Nivel 2.
- 4º. Generación del Proceso

1. Generación de actividades de Nivel 1.

Se recopilan todas las ideas posibles de la Visión Estratégica, los objetivos departamentales, etc. Esta fase es una mera recapitulación, ya que aún no se descartarán ni aceptarán las ideas que surjan en ella. En este estado, se debe involucrar a los niveles jerárquicos más elevados: director de negocio, directores de operaciones, de producto,... Mediante esta etapa, se conseguirán una serie de actividades cuya finalidad será la “distribución” de la Visión Estratégica para los departamentos.

Las actividades potenciales que vayan surgiendo de este ejercicio se pueden ir estructurando de la siguiente forma, según sea su impacto en determinados aspectos: coste, calidad, entregas, personal,...

Actividad	Prioridad	Impacto			
		Coste	Calidad	Entregas	Personas
HNC & ID's					
Empleo de 7 H. Calidad					
Equipos multi-depart.					
Sistemas de R.Rápida					
Sistemas de adq. de datos					

Figura 3. 7 Recopilación de actividades de Nivel 1

2. Priorización de las actividades de Nivel 1.

En esta segunda etapa, y una vez recopilado el conjunto de ideas fruto del *Brainstorming*, se procede a la priorización de las mismas, según cual sea su impacto en las áreas anteriormente descritas. Aunque si bien es cierto que en ocasiones cuantificar el impacto de las acciones es ambiguo, se debe intentar contrastar al menos entre varias opciones, y ver cuál es más prioritaria, o incluso si puede haber relación directa entre las mismas.

3. Generación del detalle para el Nivel 2.

Para esta etapa, se debe contar con la asistencia de los encargados de la implantación (niveles intermedios), expertos en el desarrollo de técnicas de producción eficiente, así como personal relevante de las funciones soporte de la planta. En este estado, los esfuerzos se deben concentrar en hacer un plan detallado para la implantación de las ideas recogidas en el Nivel 1. Para ello, se deben incluir los detalles como las acciones necesarias, las responsabilidades, horizontes temporales para la revisión de los planes y los puntos clave de la implantación (hitos). Las acciones aquí creadas van a formar la estructura básica del *TIP*.

4. Generación del Proceso

Este apartado constituye la creación propiamente dicha, del *TIP*. Mediante un formato electrónico, se recogen los datos de los apartados anteriores, generando un documento que incluya a las acciones, quiénes, cómo y cuándo deben realizarlas. Aquí se crea el sentimiento de responsabilidad, ya que se identificarán a las personas encargadas del desarrollo y revisión de las ideas plasmadas.

Adicionalmente, se designa a un *Senior Manager*, encargado del control a nivel global de todo lo expuesto en el *TIP*. Deberá encargarse de identificar posibles relaciones entre los proyectos, y asegurar que las tareas van en concordancia con los objetivos expuestos en la *Blue Sky Vision*.

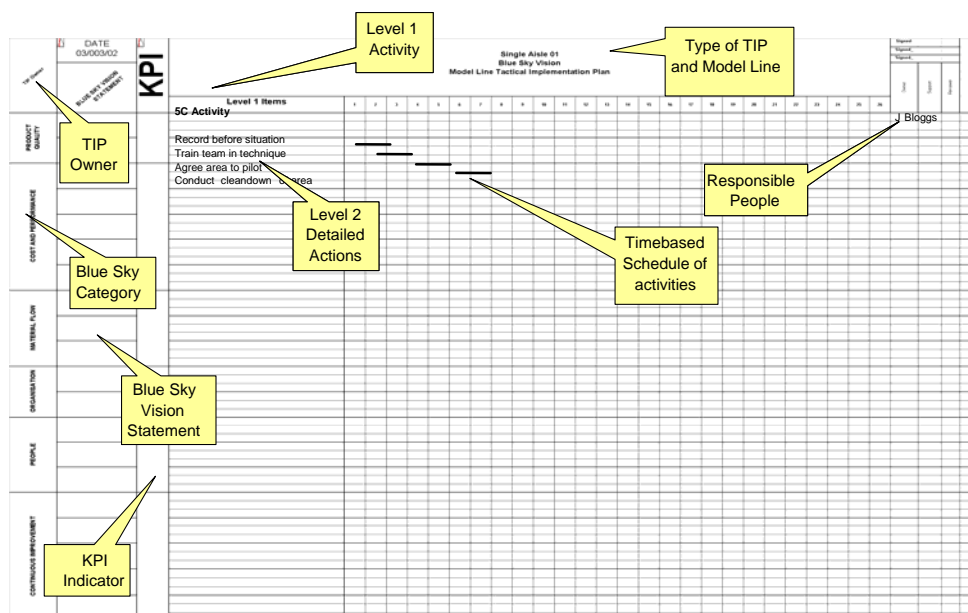


Figura 3. 8 Estructura del TIP

3.3.3 Cómo usar el TIP

El *TIP* creado mediante los pasos anteriores va a mostrar cada una de las tareas necesarias para la implantación de las ideas, en un horizonte temporal determinado. En él, se podrá ver el avance de cada una de ellas, mediante revisiones periódicas de los procesos.

Cada objetivo general va a tener un conjunto de tareas para lograr su ejecución. A su vez, los objetivos abarcan a personas, las cuales se responsabilizarán de la consecución de los mismos, dentro de los plazos determinados.

Cada tarea tiene una fecha de inicio y otra de fin; de las tareas se pueden hacer responsables a otros miembros del equipo de trabajo, ya sean del mismo nivel jerárquico o no, así como de funciones soporte para colaborar en la consecución de los mismos.

Mediante una revisión con una frecuencia al menos semanal de un *TIP*, se va a poder apreciar el estado y evolución de cada una de las tareas que componen los objetivos. Una forma adecuada de mostrar el estado de cada una de ellas es mediante líneas verticales que muestren si una tarea está en fecha, retrasada o adelantada. Éste es un método visual muy rápido y efectivo, que permite de un solo vistazo comprobar cuáles son los problemas actuales, y cómo repercutirán en el Plan de Implementación. Un ejemplo es el que muestra la figura 3.9:

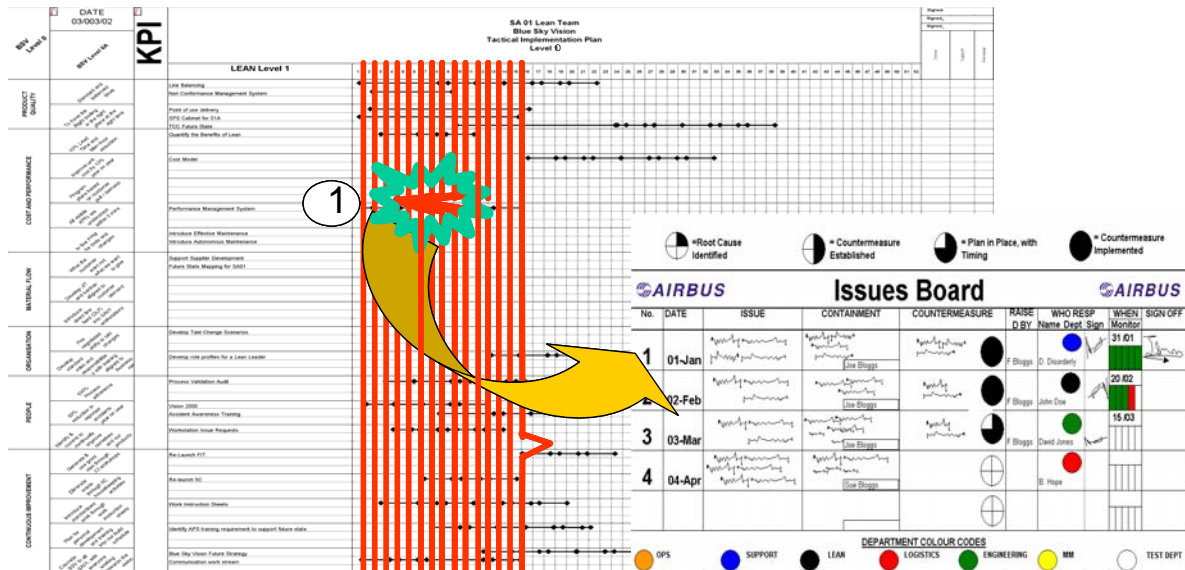


Figura 3. 9 Retrasos y problemas en el TIP

Cuando una acción planificada se retasa, la línea vertical de seguimiento pone de manifiesto dicho retraso. Lo mismo ocurriría cuando la acción se adelanta a la fecha de fin.

Si una acción sufre un retraso en la planificación es debido a un problema. Para hacer más visible a todos los participantes del estado de la implantación, adjunto al *TIP* se debe asignar una **hoja de resolución de problemas**. Cada retraso sufrido en la planificación debe ser mostrado en ella, así como una posible contramedida y su estado de evolución.

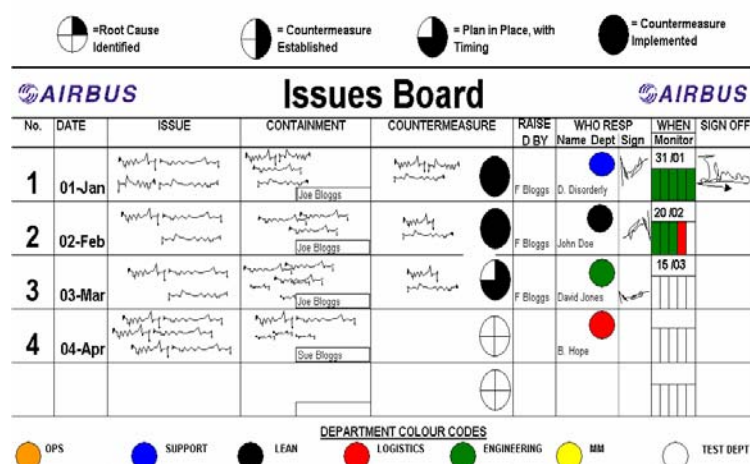


Figura 3. 10 Hoja de resolución de problemas

En resumen, en el *TIP* se van a mostrar las acciones necesarias para cumplir con los objetivos, y a los responsables de las mismas. A su vez, en él se van a plasmar de una



manera clara cuáles serán los potenciales problemas que dificulten el proceso de la implantación. De la misma manera que los objetivos fluyen desde la Dirección hasta los niveles inferiores, los problemas, que pueden tener diferentes impactos en el sistema productivo, deben ser escalados hacia los niveles superiores. De este modo se habilita una visibilidad del estado del sistema a todos los niveles jerárquicos, poniendo de manifiesto la participación de todos en el proceso de cambio.



Capítulo 4. **PLANIFICACIÓN OPERATIVA: ANÁLISIS DE VALOR**

En la fabricación de un componente, sea cual sea el tipo de industria, intervienen una serie de procesos. Los procesos constan de actividades, en las cuales se transforma un producto inicial en otro final, cuyo valor es más elevado que al inicio.

Si se observan todos los procesos que intervienen en la fabricación de un producto, y se ordenan de una manera lógica, se obtiene una representación del flujo a lo largo de la cadena productiva. Esta representación es denominada *Flujo de Valor del Producto*.

A lo largo de éste cuarto capítulo se expondrán las nociones necesarias para el empleo de las herramientas de análisis de los Flujos de Valor, para poder entender, en primer lugar, cómo es la fabricación actual de un elemento. Las primeras conclusiones llegarán con rapidez, ya que al hacer el proceso transparente, se podrán distinguir las actividades entre aquellas que añaden valor al producto, y las que no.

Posteriormente se estará en disposición de hacer un diseño nuevo de la línea de producción, aplicando los objetivos definidos. Para llegar a este paso, previamente se analizarán una serie de conceptos, tales como el Ritmo de Producción (*Takt Time*) y los *Sistemas Pull*, que permitirán transformar el antiguo modelo productivo en uno cuya eficiencia se vea considerablemente aumentada.

4.1 EL ANÁLISIS DE VALOR

La observación detallada de las actividades que conforman un producto es esencial para entender el estado actual, y saber si es posible mejorarlo. El primer paso que se debe atacar es cómo representar el flujo a lo largo de la cadena productiva. Para ello, la herramienta más potente que se conoce es el **Mapa de Flujo de Valor**.

Se puede definir un **Mapa de Flujo de Valor** (en inglés *Value Stream Mapping*, **VSM**) como una representación esquemática del proceso de producción de un elemento, en el cual se identifican todas las actividades, tanto que añadan valor como no, necesarias para la transformación de una serie de materias primas en un producto tangible que satisfaga las necesidades del cliente.



Figura 4. 1 Secuencia de operaciones

En la definición de Mapa de Flujo de Valor están presentes los tres tipos de operaciones principales que surgen en el trabajo: operaciones de valor añadido, operaciones de no-valor añadido, y desperdicios.

- **Operaciones de valor añadido:** Son todas las operaciones que transforman el producto. Cualquier proceso que cambia la naturaleza, forma física o características del producto, conforme a los requisitos del cliente. En esencia, son aquellas operaciones por las que el cliente está dispuesto a pagar un precio (ej. Taladrado, escariado, pintura, ensamblaje, ...)
- **Operaciones de no-valor añadido:** son todas aquellas operaciones donde la materia prima no sufre ninguna transformación. Es decir, cualquier trabajo realizado que no aumenta el valor del producto. Aunque como su nombre indica, no añaden valor, son operaciones necesarias para su elaboración: ejemplos son las inspecciones de calidad, cambio de herramientas, mantenimiento de los equipos y máquinas de producción,... En este caso, el cliente no paga por estas operaciones, aun siendo necesarias para la fabricación.
- **Desperdicios:** son el resto de las actividades no esenciales, que no añaden valor al producto. Deben ser eliminadas en la medida de lo posible, ya que sólo

añaden coste y tiempo. El cliente lógicamente no pagará por este tipo de operaciones. Los ejemplos más comunes dentro de una fábrica suelen ser la búsqueda de herramientas por parte de los operarios, tiempos de espera, desplazamientos innecesarios de los operarios y del material, ...

Mediante las técnicas de elaboración de los mapas de Flujo de Valor, se van a poder clasificar antes y durante la implantación éstos tipos de operaciones en cada actividad, y fruto de la identificación de las fuentes de desperdicio en la situación actual, se podrá hacer un diseño eficaz para un escenario futuro, en concordancia con los objetivos estratégicos.

Hoy día la mayoría de las industrias de fabricación hacen estudios de Flujo de Valor en sus procesos. Mediante la mejora de pequeñas actividades en cada uno de ellos, se puede colaborar en la mejora del proceso global.

El Mapeado del Flujo de Valor es una técnica relativamente reciente, que supone un cambio frente a la antigua filosofía, basada en el Mapeado de Proceso. El Mapeado de Proceso tenía las siguientes características:

- Se centraba en un único proceso, no en la fabricación global.
- Por lo tanto, se identificaba el desperdicio sólo en ese proceso.
- Las mejoras que se implantaban en los procesos eran sencillas, por lo general, y fáciles de implementar.

Mediante el Mapeado de Proceso se conseguía una planificación a corto plazo de las operaciones, que se centraban en la revisión de procesos simples, y la aplicación de pequeñas mejoras para resolver ciertas cuestiones de la producción. Sin embargo, no tenían en cuenta la relación entre los procesos, y la eficiencia global del sistema de fabricación.

Al aplicar la técnica del análisis del Flujo de Valor de la cadena, se proporciona un paso más en la planificación:

- El análisis no consideraba sólo procesos individuales, sino que abarcaba a toda la fabricación del elemento, y las relaciones entre las actividades.
- Se identificaban los desperdicios y las actividades que no añadían valor al producto entre los procesos, y no sólo dentro de los mismos.
- Las mejoras que se identificaban eran importantes, pero suponían la modificación de grandes bloques dentro de la planificación, por lo que su proceso de implantación debía de ser cuidadosamente elaborado.

A diferencia de la técnica anterior, la planificación basada en el Flujo de Valor de la cadena proporciona un horizonte de planificación a largo plazo, ya que identifica todos los flujos existentes en el producto, y la manera global de producirlo. Los pequeños procesos y actividades individuales pueden sufrir pequeñas modificaciones, no así la estrategia global para la producción de un elemento.

A lo largo del capítulo se expondrán de una manera amplia los conceptos y técnicas necesarios para la elaboración de un análisis de valor actual y futuro, en concordancia con las necesidades del cliente y de fabricación del producto.

4.1.1 Conceptos Previos

Antes de proceder al análisis y el estudio de la cadena productiva, es necesario exponer una serie de conceptos que ayudarán a entender cómo se estructuran los flujos dentro del sistema.

En términos generales, la fabricación tradicional estaba basada únicamente en producir bienes para satisfacer la demanda, sin un control exhaustivo sobre la producción. Con la aparición de los nuevos sistemas productivos, el objetivo es alcanzar una fabricación eficiente, en la cual la adaptación flexible a las necesidades del cliente, el ahorro de costes y el aumento de la calidad sean los pilares centrales de la Organización.

Para lograr éstas metas, surgen nuevos conceptos productivos, como el Ritmo de Producción (*Takt Time*), el Flujo Continuo y los Sistemas *Pull*.

1. Producción en Masa

Según se ha comentado con anterioridad, en la fábrica tradicional se enfocaba a la sobreproducción para satisfacer la demanda de potenciales clientes. Por encima de los costes, se percibía una necesidad de abastecer a todo posible consumidor, lo que se traducía en una sobredimensión del proceso para producir más de la cuenta, y evitar rotura de Stock/demanda insatisfecha. Sin embargo, éste tipo de estrategia para ciertas industrias conduce a una situación descontrolada: la sobreproducción en la cadena productiva puede desembocar en una serie de problemas críticos, como pueden ser:

- Puede producirse más de lo que necesita el siguiente proceso
- Puede producirse un bien antes de que lo requiera el siguiente proceso (se producen esperas debido a adelantos)
- Los procesos no están nivelados entre sí.
- Se producen cuellos de botella

Fruto de ésta planificación imprecisa, surge un proceso que **no** es el óptimo. Un error común es la planificación exhaustiva y metódica de procesos individuales por separado, sin tener en cuenta la dimensión del proceso completo y las interrelaciones entre los diversos flujos en la cadena.

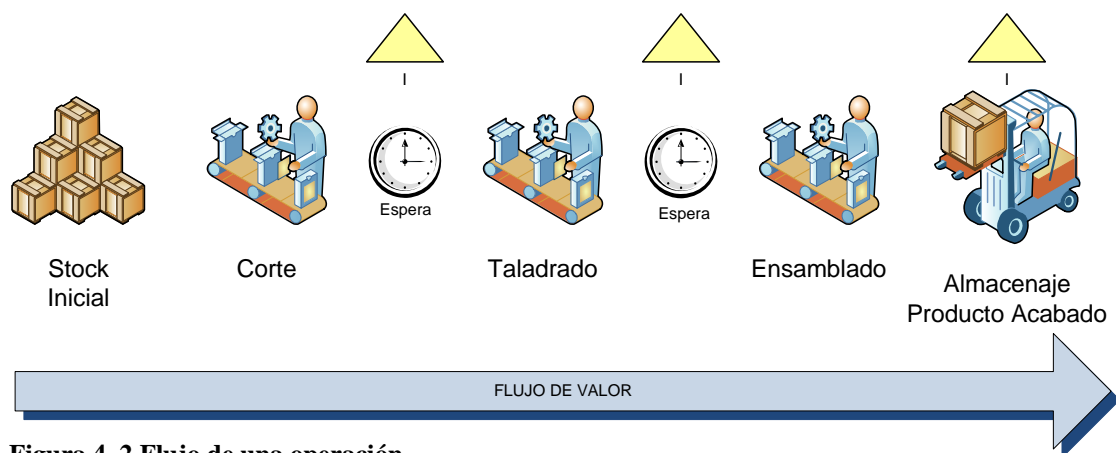


Figura 4. 2 Flujo de una operación

Otro error común que surge tras una planificación de estas características son los errores de calidad derivados del proceso. Los problemas de calidad pueden permanecer escondidos en el proceso de fabricación, no siendo visibles hasta que el elemento es fabricado en su totalidad. Ésta pérdida de trazabilidad no afecta únicamente a un solo elemento, sino que es susceptible de atacar también a elementos intermedios, debido al retraso que se produce desde que se comete un fallo hasta que se detecta. El problema puede agravarse conforme el tiempo de proceso aumenta en cualquiera de las etapas intermedias de la fabricación.

La pérdida de sentido de lo que el cliente necesita se hace patente: no se aprecia qué debe ser producido en conjunto global, y cuándo debe ser producido. Es lo que se llama el **Ritmo de Producción**, en inglés llamado *Drumbeat* o *Takt Time*, por su similitud en el lenguaje musical con el ritmo que debe llevar una melodía, medido por los toques de la batería o un metrónomo.

2. Ritmo de Producción

Para la fabricación a tiempo de un elemento hay que conocer previamente cuál es la demanda del cliente. En elementos caros y complejos como son los estabilizadores horizontales de cola fabricados en Getafe, es esencial obtener un Ritmo de Producción ajustado a lo que el cliente necesita, debido a que los excesos cometidos bajo sistemas de producción en masa se traducen en un gran impacto económico sobre el producto finalizado.

Mediante el cálculo del Takt Time, se va a ajustar la producción de los elementos conforme a la demanda impuesta por el cliente. De éste modo, la fórmula necesaria para el cálculo de éste simple valor, pero de vital importancia, sería la siguiente:

$$Takt\ Time = \frac{Tiempo\ Total\ Disponible}{Demanda\ Cliente}$$

A continuación se presenta a ejemplo un caso real para ilustrar el cálculo del Ritmo de Producción.

La planta de Airbus situada en Toulouse, encargada de hacer los ensamblajes finales (a efectos prácticos se considera a Toulouse como el cliente final para los cálculos), requiere un total de 385 estabilizadores de cola al año. Suponiendo que al cabo del año se trabaja durante 11 meses, la producción mensual es de 35 aviones. Al cabo del día, se trabaja a dos turnos en la fábrica, computando un turno como 7.55 horas útiles (quitando descansos y tiempos muertos). De esta manera, el cálculo del Takt Time sería:

$$\text{Takt Time} = \frac{2 \times 7.55}{35} = 0.43 \text{ días / avión}$$

Lo que el cálculo muestra es que, de forma aproximada, un avión debe salir de la fábrica cada medio día, o lo que es lo mismo, al cabo de un día laborable deben estar acabados dos aviones. Mediante éste calculo se puede diseñar un proceso productivo acorde con los requerimientos externos, y nivelar las operaciones intermedias para que toda la cadena productiva funcione con un tiempo entre las mismas que sea igual o lo más aproximado posible a este valor.

De este modo, se puede plantear una línea productiva como la que muestra la figura 4.3.

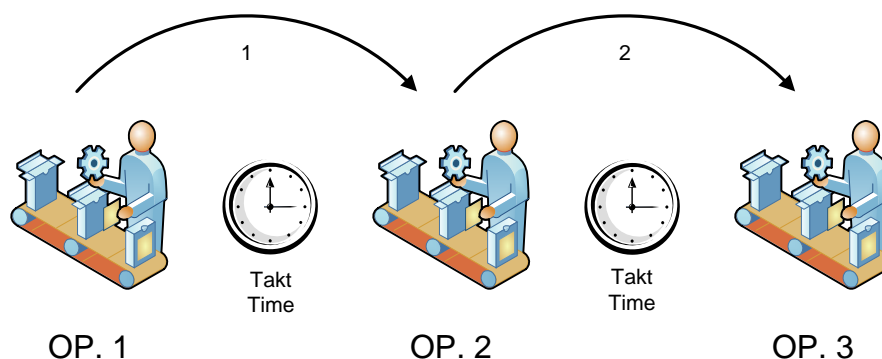


Figura 4. 3 Operaciones equilibradas al Takt Time

De un modo ideal, se debe diseñar la línea para que cada puesto que la integra, y que hace una operación diferente al producto, termine sus operaciones justo con el *Takt Time*, y de este modo la línea avance hacia la siguiente posición. Este diseño asegura

que, por cada Ritmo de Producción, es decir, en cada movimiento, se produzca un elemento terminado al final de la cadena.

No obstante, hay que recordar que en el diseño de una línea de fabricación se debe tener en cuenta el grado adecuado de flexibilidad: la demanda a lo largo del año no es rígida, lo cual implica que el Takt Time puede sufrir variaciones. La línea debe absorber tanto un exceso como un defecto de la demanda, por lo cual desde el inicio del diseño se debe abordar ésta cuestión.

3. Sistemas Pull

Una cuestión relevante en fábricas que elaboran productos de alto coste con un gran tiempo de procesado, es decidir cuándo se va a fabricar, y qué hacer una vez que el producto está terminado. Existen varios métodos para abordar la cuestión: una es fabricar directamente el producto, y una vez terminado se envía al cliente. La otra opción es el sistema denominado *Supermercado*.

La implantación de un sistema u otro depende de varios factores: coste del inventario en planta, capacidad de almacenamiento intermedio, facilidad de envío hacia el cliente,... Ambos sistemas requieren de una planificación cuidadosa para el cumplimiento de la demanda.

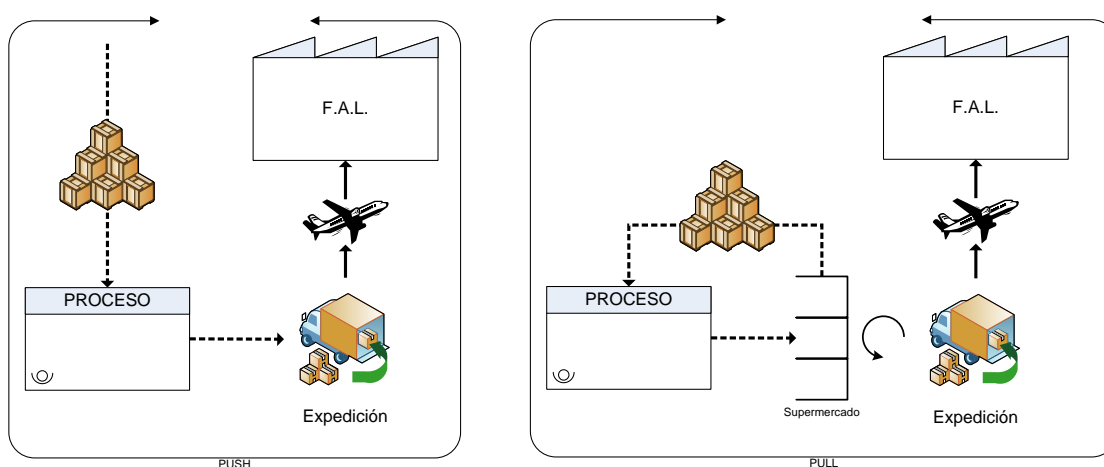


Figura 4. 4 Diferencias del sistema Pull

En términos generales, cuando hay una responsabilidad muy alta en las entregas, o el flujo de la línea no es muy regular, las empresas suelen optar por la solución de sistemas *Pull* con *Supermercados*. El funcionamiento de éstos sistemas está basado en el siguiente concepto: al final de la línea se establece un punto de almacenaje, donde el cliente ficticio retira un producto cuando lo necesita. Al ser retirado, se produce una señal (*Kanban*) para poner el sistema en funcionamiento, y fabricar un nuevo elemento para rellenar el hueco que ha dejado el producto anteriormente retirado.

La idea que radica en la implantación de un sistema *Pull* es hacer un sistema de control del flujo de producción sencillo de implementar, así como ser un flujo transparente y fácilmente visible para todos, que sepan cuando deben de producir. Mediante la creación de un supermercado al final de la cadena, se asegura además un nivel óptimo de inventario, lo cual puede hacer de colchón a la hora de nivelar los procesos.

Debido a la gran importancia del concepto *Pull* en el diseño del nuevo sistema de fabricación de Airbus, dicho diseño se verá complementado con la introducción de nuevos conceptos sobre el equilibrado de la línea de producción y el Trabajo Estándar. Estos elementos serán objeto de un estudio detallado en los siguientes capítulos, para poder estar en disposición de ofrecer un diseño eficaz de la nueva línea de fabricación.

4.2 VSM ACTUAL

En este apartado del proyecto se procederá a la exposición de los pasos necesarios para la recopilación de datos y el diseño del Mapa de Flujo de Valor que hay en la actualidad. Éste es un ejercicio meramente de recopilación de datos, a través de los cuales se va a poder analizar con detalle la situación actual. Es, valga la analogía, como la toma de una fotografía que mostrará la situación en un momento determinado de cómo se lleva a cabo todo el proceso de producción en planta.

Para la creación del Mapa de Valor actual, es necesario tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- En cualquier negocio se deben identificar los tres tipos de flujos: material, información e interacciones entre personas y procesos.
- En el análisis de Flujo de Valor se va a considerar todo el proceso productivo, y englobará actividades que añadan valor al producto y las que no. Además, deberán tratarse de manera global todos los flujos en el proceso, no considerar y optimizar cada uno por separado.

De este modo, se puede emplear un formato de dibujo estándar, como un documento de tamaño A-3, para obtener una representación gráfica de los flujos que intervienen en la fabricación de un elemento. Mediante el empleo de unos símbolos estandarizados, el diagrama mostrará de una manera clara y sencilla los diversos flujos que intervienen en la fabricación, así como los datos necesarios que permitirán analizar el número de operarios por puesto, los tiempos de espera y proceso, tiempos de movimiento de las piezas,...

A continuación se detallan los siete pasos necesarios para la obtención del análisis del Flujo de Valor actual.



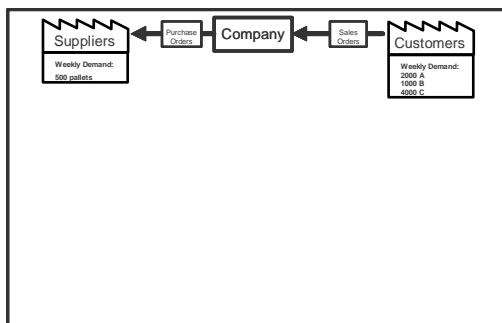
1. Definición de las necesidades del cliente

En este primer paso, se expondrán las necesidades que vienen impuestas por los clientes, como el número de unidades a fabricar, *Lead Time* entre unidades, forma de envío,... en definitiva, los conceptos generales del contrato con el cliente.

- Se deben dibujar los departamentos implicados directamente con el cliente, y la forma de los flujos de información entre ellos.

- También se deben dibujar los principales proveedores de piezas involucrados en el sistema productivo.

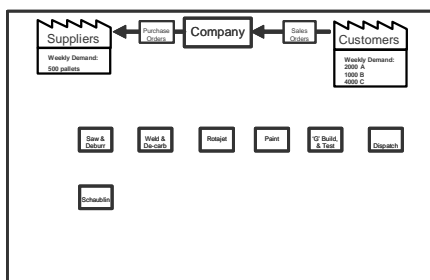
Los símbolos que se usarán en este primer paso son los siguientes:



2. Dibujo de los pasos que intervienen en el proceso

El proceso es una actividad donde el material puede esperar tanto al principio como al final del mismo.

- Hay que tener en cuenta que un proceso no es lo mismo que una función o un departamento, es sólo una operación realizada sobre el producto.
- Se pueden presentar procesos en serie y en paralelo.
- Todo proceso tiene que llevar asociado un cuadro de datos, *Databox*, en el cual se rellenarán aspectos relevantes a la fabricación del producto.



Operation:		PLAN	ACT
1	STD CYCLE TIMES	2,65d	
2	ACTUAL CYCLE TIMES (START-FINISH)		2,97 d
3	NUMBER OF OPERATORS & SHIFTS	11+6+9	24,2
4	OEE OR UPTIME	95%	95%
5	CHANGE OVER TIME	6,5h	6,5h
6	HOURS OF REWORK		0,4h
7	WAITING TIME		0,2h
8	OUTSTANDING/OUT OF STATION HRS		0
9	NUMBER OF NON CONFORMITIES		0,3
10	NUMBER OF QUALITY INSPECTORS	12 (TODA LA LINEA)	
11	TOTAL WORKLOAD	137,5h	153

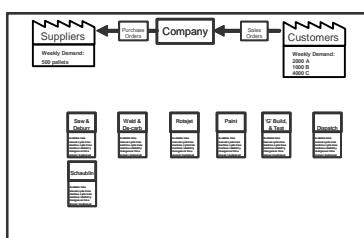
Figura 4. 5 Databox del VSM

3. Obtención de los datos del proceso

En este paso, se debe cumplimentar en cada uno de los cuadros de datos colocados en el punto anterior toda la información necesaria para analizar el proceso.

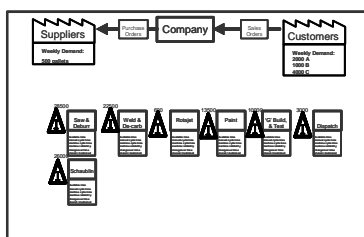
Los datos más relevantes a la hora del análisis son: tiempo disponible, tiempo de procesado de los elementos, número estaciones de trabajo, número de trabajadores por estación, tiempos de reproceso, tiempos de esperas (debidos a movimientos, uso compartido de recursos,...), etc.

Un ejemplo del Mapa de Flujo de Valor incluyendo los datos obtenidos en este paso puede ser el siguiente:



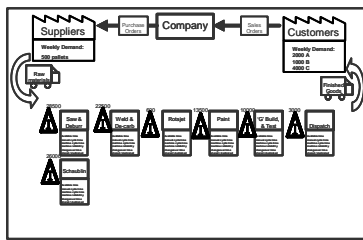
4. Obtención de datos sobre el Inventario

El inventario dentro de una fábrica puede ser controlado o incontrolado. Debido a que en la situación actual no se tiene un flujo continuo, sino que el material puede sufrir esperas desde que finaliza un proceso hasta que tiene el siguiente, se deben indicar las unidades en espera, así como el tiempo medio de espera del material. El inventario controlado suele responder al comportamiento **FIFO** (*First In First Out*, Primero en Entrar Primero en Salir) entre procesos. El inventario en curso no suele intervenir por norma general en la representación grafica del proceso. Con estos datos, el VSM adquiere la siguiente estructura:



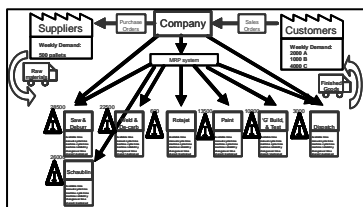
5. Determinación de los flujos de material externo

Se dibujan a continuación las entregas provenientes de los proveedores, así como hacia el cliente. Es importante calcular cuáles van a ser los plazos de entrega, y el tamaño del lote por entrega.



6. Determinación de los flujos de material interno, y flujos de información

En este paso, se identifican cuáles son los flujos de información dentro de la compañía, y su secuencia. De esta manera se ofrece una representación visual, esquemática, del proceso de información global de la compañía, en el que se pone de manifiesto el grado de complejidad del mismo.



7. Cálculo de datos.

Una vez reunidos los datos individuales de cada proceso, y sabiendo los flujos de información, se pueden obtener los datos globales del proceso. Entre ellos es de vital importancia el cálculo del *Lead Time*, que es en términos generales el tiempo medio que tarda un elemento desde que entra en el proceso hasta que una vez finalizado, lo abandona para ser entregado al cliente. Dentro de éste tiempo se deberá distinguir el tiempo total de procesamiento del elemento de los tiempos de espera intrínsecos en el proceso. De este modo:



Figura 4. 6 Tiempos en una operación

El cálculo del *Lead Time* tiene una doble funcionalidad:

- Muestra el tiempo total del proceso, el cual se crea valor, y pone de manifiesto el tiempo relacionado con la estructura de los flujos de información. Dependiendo de la complejidad de los mismos, el tiempo de respuesta puede variar ante posibles eventualidades.

- Revela cuáles son las fuentes que afectan de manera negativa al *Lead Time*. Generalmente, una acumulación masiva de inventario suele proporcionar aumentos de *Lead Time*, desfavorables de cara a la producción.

El diagrama de Flujo de Valor, una vez terminado, presenta una estructura como la que muestra la figura 4.7.

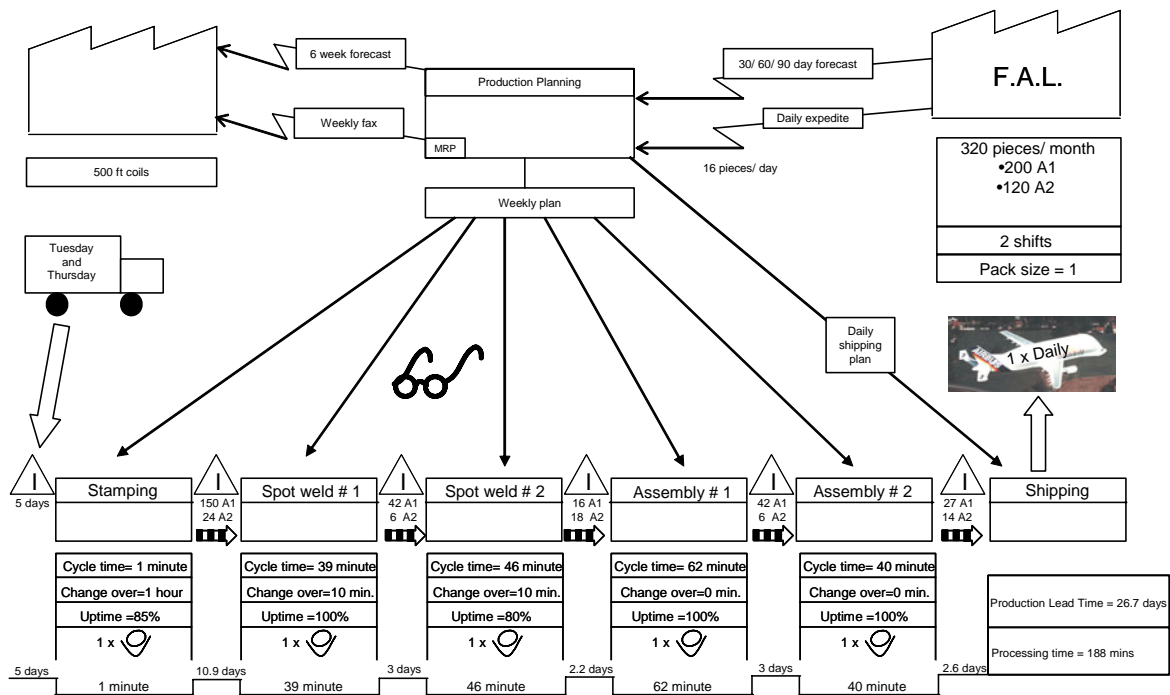


Figura 4. 7 Diagrama del VSM actual

La representación gráfica cumple, de este modo, la función principal del Mapa de Flujo de Valor: de un rápido vistazo, una persona ajena al grupo puede entender claramente cuáles son los flujos en el proceso productivo, dónde hay esperas, cuál es el tiempo de fabricación, etc.

Se ha conseguido mediante éste ejercicio obtener un proceso transparente: en definitiva, el Análisis de Flujo de Valor actual proporciona una visión global del proceso de fabricación: a través del conocimiento detallado del mismo se estará en disposición de aplicar las mejoras oportunas.

4.3 VSM FUTURO

Una vez creado el VSM actual, e identificado los flujos que intervienen en la fabricación, se pueden plantear necesidades futuras.

Un error común es plantearse en primer lugar las mejoras posibles, sin antes haber analizado con detalle la situación actual, y lo que es más importante, que todos los departamentos comprendan dicha situación: primero es necesario saber donde se está, y luego dónde se quiere ir.

El diseño del Mapa de Flujo de Valor futuro proporcionará:

- Una vía para alcanzar los **objetivos** de la visión estratégica
- Unas **acciones** para afrontar un nuevo Plan de Implementación Táctico.
- La **optimización** del proceso actual (los cambios se llevarán a cabo para proporcionar mejoras en el proceso)
- **Minimizar** los gastos excesivos.

Fruto del análisis del Mapa de Flujo actual realizado en el apartado anterior, se pueden obtener una serie de conclusiones para afrontar el futuro. Debido a su cuidadosa elaboración, se pueden extraer de los datos una serie de características relevantes, denominadas “*Los Tres Enemigos*”:

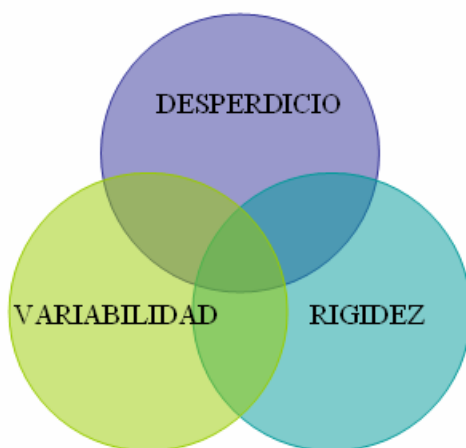


Figura 4. 8 Los Tres Enemigos del VSM

1. Desperdicio

En todo proceso de producción están implícitas una serie de inutilidades que hacen que el valor total del producto disminuya, y por las que el cliente no está dispuesto a pagar. Entre los desperdicios más comunes se encuentran: sobreproducción, transporte de material, esperas, retrabajos, inventario incontrolado, infrautilización de las personas,...

2. Variabilidad

Un proceso cuya variabilidad esté por encima de unos límites puede acarrear una serie de problemas, como son cambios en el proceso no planificados, falta de control en las actividades, tolerancias en los equipos inadmisibles,... El objetivo del nuevo sistema es atacar directamente la causa raíz, y no poner soluciones paliativas a alguno de éstos defectos, consiguiendo una débil estructura a corto plazo del proceso de fabricación.

3. Rigidez

La rigidez, entendida en este aspecto como la falta de flexibilidad en la cadena productiva, puede llevar a una visión de los costes del proceso algo difusa: si una empresa es poco flexible, pondrá énfasis sólo en el coste en el que incurre cuando deja de proporcionar al cliente exactamente lo que el requiere, y la capacidad actual que puede desarrollar el proceso productivo.

4.3.1 Creación del VSM Futuro

Antes de plasmar en el papel las ideas de mejora recogidas tras la elaboración del análisis el Flujo de Valor actual, y los objetivos estratégicos de la empresa para el futuro, es conveniente que los departamentos se cuestionen una serie de principios. Debido a que los pasos que permitirán obtener el VSM futuro son los mismos que se han tenido en cuenta para el actual, mediante unas formulaciones denominadas “*Las Nueve Preguntas*”, se van a poder establecer las bases para un diseño eficaz, centrado en las necesidades del cliente como punto de partida. A continuación se van a detallar cada una de ellas, a la vez que se irá trazando el Mapa de Flujo futuro con los conceptos previos descritos anteriormente en este capítulo.

- | | |
|--------------------|--|
| <i>Pregunta 1.</i> | <i>¿Cuáles son las necesidades del cliente?</i> |
| <i>Pregunta 2.</i> | <i>¿Se puede aplicar Flujo Continuo en el proceso?</i> |
| <i>Pregunta 3.</i> | <i>¿Cuál es el proceso que determina el Ritmo de Producción (Pacemaker en terminología inglesa)?</i> |
| <i>Pregunta 4.</i> | <i>¿Cómo se controlan los procesos aguas arriba??</i> |
| <i>Pregunta 5.</i> | <i>¿Cuál será el tamaño del supermercado necesario?</i> |

- Pregunta 6. ¿Se pueden aplicar sistemas Pull?
- Pregunta 7. ¿Dónde se puede nivelar la producción??
- Pregunta 8. ¿Cómo se pueden añadir señales y avisos al proceso productivo?
- Pregunta 9. ¿Se pueden realizar mejoras adicionales?

Para dibujar el mapa de flujo futuro se deberá comenzar a partir del **Mapa de Flujo actual**, elaborado en el apartado anterior. El primer paso consiste en averiguar las actividades involucradas en el proceso productivo. A estas actividades se les va a añadir el cálculo del Ritmo de Producción, *Takt Time*, que vendrá impuesto por la demanda del cliente. Ésta va a ser la restricción principal del proceso, y deberá estudiarse la implicación que tiene en el mismo:

- sincronizar todas las operaciones intermedias al *Takt Time*.
- reducir los desperdicios para añadir más valor al producto.
- supervisar en tiempo real y de manera efectiva el rendimiento del proceso productivo.

La ventaja potencial de añadir el cálculo del *Takt Time* al nuevo Mapa de Flujo es que, una vez que se consideran en primer lugar los requisitos del cliente, de la compañía y de los suministradores, se pueden apreciar fuentes de desperdicio no vistas antes.

Seguidamente, se deben aplicar nociones de **Flujo Continuo** en aquellos procesos donde sea posible. Se pueden agrupar operaciones secuenciales sobre el mismo producto, se pueden englobar pequeñas operaciones dentro de una principal,... Debido a las características de sistemas productivos como la fabricación de los estabilizadores, analizar las opciones de Flujo Continuo es sumamente interesante para el balanceo de la línea de producción, y ajustarla al **Ritmo de Fabricación**.

Por ejemplo, la figura 4.9 muestra un proceso productivo. En él intervienen un grupo de cinco operaciones diferentes, y como se puede observar, no está nivelado.

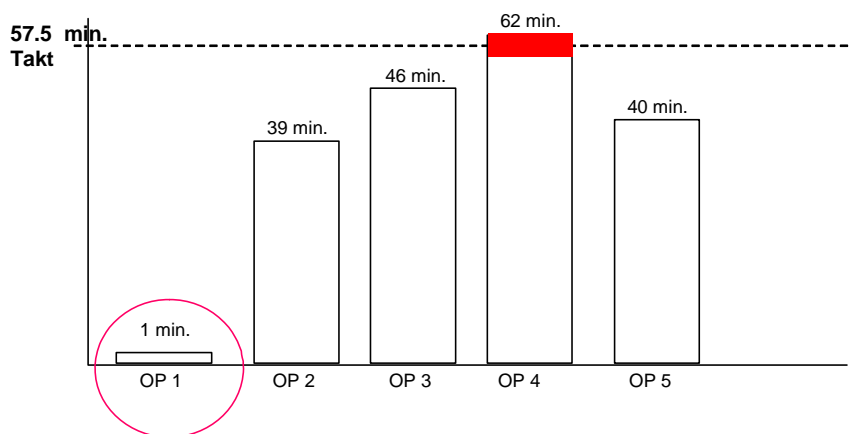


Figura 4. 9 Proceso productivo no equilibrado

Esto se traduce en que alguna de las actividades que forman parte del proceso (en concreto la cuarta actividad) supera al *Takt Time*, por lo que puede acarrear problemas en la fabricación. Este problema ha surgido al hacer el análisis para el futuro teniendo en cuenta al Mapa de Flujo actual, y lo que es más importante, añadiendo el *Takt Time*. Pero éste análisis no sólo sirve para ver el balanceo de operaciones, sino para el rediseño del proceso, y hacer una primera aproximación de cual será la mano de obra necesaria para desempeñar el trabajo. Así, un posible camino para la elaboración de un nuevo equilibrado debería ser:

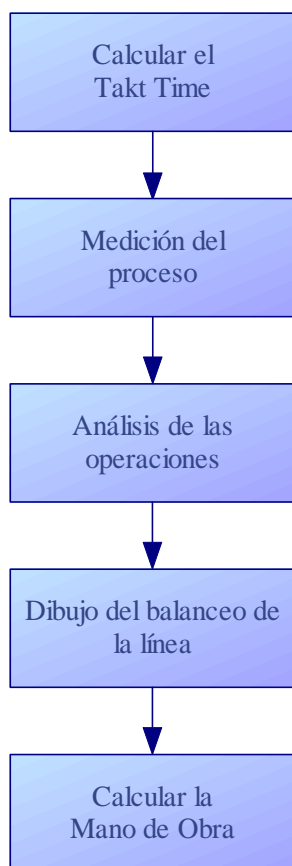


Figura 4. 10 El nuevo equilibrado de línea

Primero se calcula el *Takt Time* con las nociones anteriormente vistas, y según las necesidades del cliente. Antes de rediseñar el proceso, se analizan las operaciones actuales, así como el flujo de material, y se ve el balanceo de la línea. Una vez obtenidos los datos del trabajo total y el *Takt Time*, se puede hacer una valoración de la mano de obra necesaria. Para ilustrar este nuevo método, se expone una situación real dentro de la planta.

Según las necesidades de un cliente, se deben hacer 16 piezas al cabo del día. La fábrica funciona a dos turnos de 8 horas, y existe un descanso de 20 minutos.

El *Takt Time* que se obtiene es:

$$Takt\ Time = \frac{2 \times (480 - 20)}{16} = 57.5\ min/ pieza$$

Para poder fabricar la pieza, es necesario que se le haga un proceso que consta de 5 operaciones. La duración de cada operación es la siguiente:

- | | |
|---------------------|-------------------------|
| <i>Operación 1.</i> | <i>Duración 1 min.</i> |
| <i>Operación 2.</i> | <i>Duración 39 min.</i> |
| <i>Operación 3.</i> | <i>Duración 46 min.</i> |
| <i>Operación 4.</i> | <i>Duración 62 min.</i> |
| <i>Operación 5.</i> | <i>Duración 40 min.</i> |

El tiempo total de procesado, obtenido a través de la suma de los tiempos de las diferentes operaciones que conforman el proceso, es el siguiente:

$$T_{total} = \sum tn = 187\ min.$$

Para calcular el número de operarios necesarios, se procede de la siguiente manera:

$$Operarios = \frac{T_{tiempo\ de\ procesado}}{Takt\ Time} = \frac{187\ min}{57.5} = 3.25\ operarios$$

Esto que se ha calculado corresponde a la situación actual. Como se puede apreciar, alguna operación supera el *Takt Time*, y además se debe decidir qué hacer con el número de operarios teórico, ya que contiene decimales. Para afrontar la situación futura, y esbozar el nuevo balanceo de la línea, se proponen los siguientes pasos:

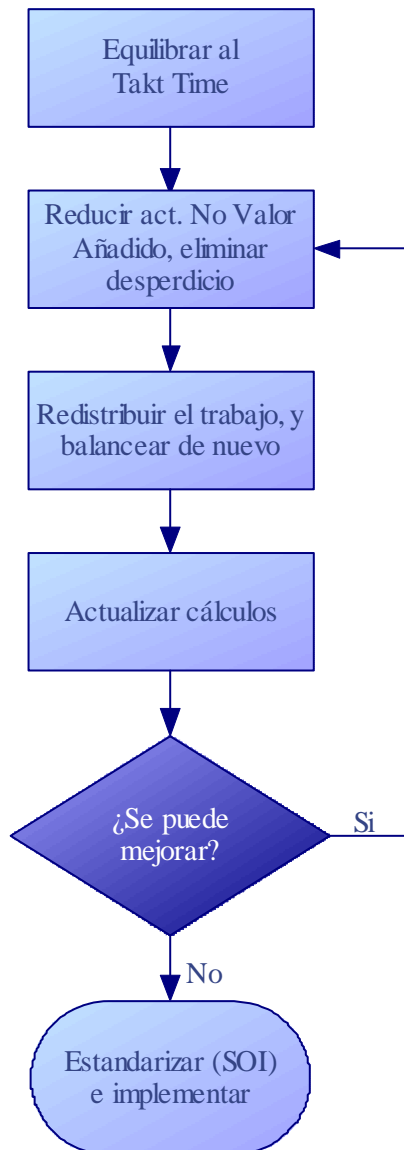


Figura 4. 11 Equilibrado futuro

Primero, fruto del análisis actual, se procederá a identificar aquellas operaciones que estén por encima del *Takt Time*. En aquellas susceptibles de ser reducidas se deben analizar las subactividades que las forman, y ver las que no añadan valor al producto.

Posteriormente, se debe evaluar si es posible una redistribución de los trabajos, hacer operaciones en paralelo y no de forma secuencial,...De este modo, se obtendrá una operación lo más parecida al ideal, la cual constituirá un estándar, y deberá ser aplicada en la fábrica.

Una vez identificadas las fuentes de desperdicio, y procediendo a una mejor redistribución del trabajo, el ejemplo queda de éste modo:

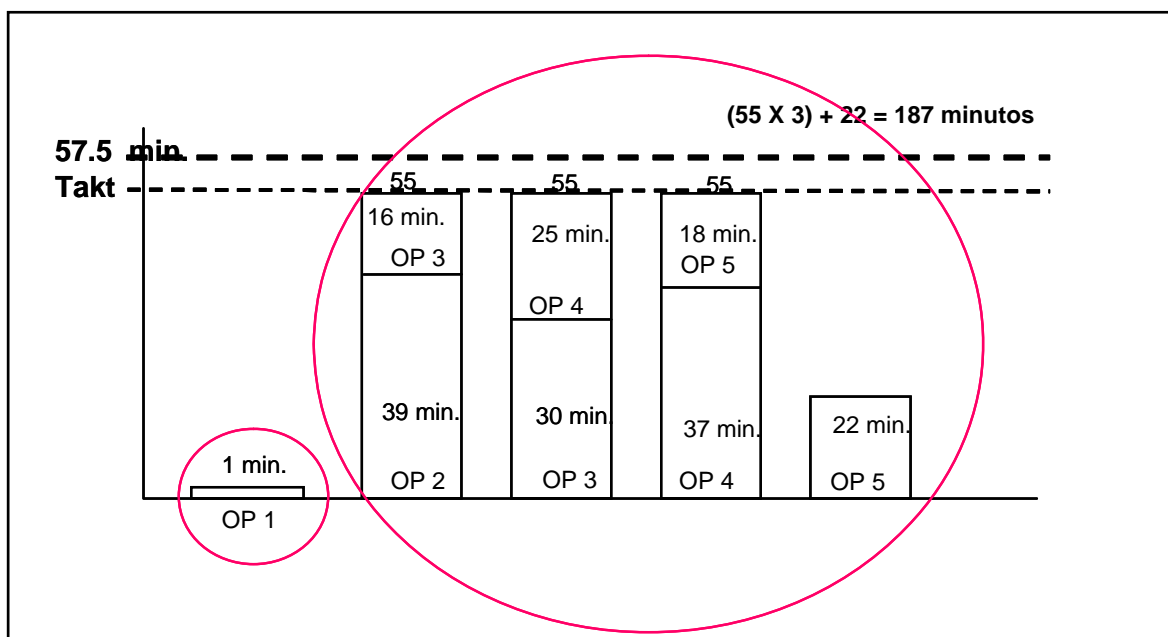


Figura 4. 12 Equilibrado del proceso

Como se aprecia, ahora todas las fases están por debajo del Takt Time, y se ha podido establecer Flujo Continuo entre alguna de ellas.

Además del estudio del Flujo Continuo, hay una serie de factores que deben tenerse en cuenta para elaborar una visión hacia el futuro de la planta. Estos factores deben ser concebidos a la vez que se diseña el Mapa de Flujo de Valor, debido a que tienen implicaciones directas sobre los tiempos de fabricación de los elementos. Algunos de éstos factores son:

- **TPM**

El Mantenimiento Productivo Total (**TPM**, *Total Productive Maintenance*) tiene como objetivo asegurar una alta disponibilidad de las máquinas, así como reducir al máximo posible el número y frecuencia de las averías. Mediante un eficaz mantenimiento correctivo, así como mantenimientos preventivos y predictivos, se va a poder aumentar el índice de disponibilidad, y en definitiva, ayudar a que las máquinas y herramientas estén listas para ser usadas cuando se requieran.

- **Cambio rápido de herramienta**

Debido a que no todas las operaciones son las mismas, y las máquinas y herramientas tienen cierto grado de flexibilidad, es importante reducir al máximo el tiempo de cambio de herramienta e inicialización de un nuevo proceso (**SMED**, *Single Minute Exchange of Die*). Se pueden encontrar durante el proceso ajustes internos y externos, y cada uno de ellos influye de manera diferente en el tiempo de cambio.

▪ Calidad

El estudio de la calidad a lo largo del proceso, así como los posibles factores que determinen su consecución es crucial desde el inicio del diseño. Existen diversas herramientas para el estudio y predicción de la calidad a lo largo de los procesos, así como los posibles riesgos que genera la pérdida de calidad. El conjunto de técnicas en cuestión se denominan Control Estadístico de Procesos (SPC, Statistical Process Control), el cual también comprende técnicas para la resolución de problemas y estudio de variabilidad de los procesos.

Debido a la importancia de estos factores en el proceso productivo, se tratarán de una manera más amplia en temas posteriores del presente proyecto.

Siguiendo con la definición de análisis de Flujo de Valor futuro, hasta ahora se había partido del análisis del flujo actual, al que posteriormente se le iban añadiendo las nociones de *Takt Time* y Flujo Continuo para obtener un proceso de producción lo más equilibrado posible. A su vez, se pueden seguir introduciendo **mejoras** en el Mapa de Flujo futuro, tales como:

- Análisis de la demanda requerida por el cliente, creando procesos en los cuales el concepto *Pull* tenga una importancia significativa.
- Creación de “*Supermercados*” asociados al concepto de fabricación *Pull*, en aquellas operaciones que sean susceptibles de proporcionar un proceso que marque el Ritmo de Producción.
- Puesta en marcha de sistemas de abastecimiento y retirada de material productivo rápidos, reduciendo al máximo posible los tiempos de espera ante falta de piezas, retrabajos,...
- Mejora de los flujos de información entre los departamentos involucrados directamente en la producción de los elementos, evitando de este modo información redundante y tiempos de espera innecesarios.
- Creación de una *Fábrica Visual*, en la cual el estado de la misma sea perceptible de un solo vistazo, y los responsables puedan actuar de manera rápida y eficaz ante cualquier eventualidad que surja durante el proceso productivo.

Con las nociones expuestas, es posible realizar un esbozo de análisis de Flujo de Valor futuro, como muestra la figura 4.13:

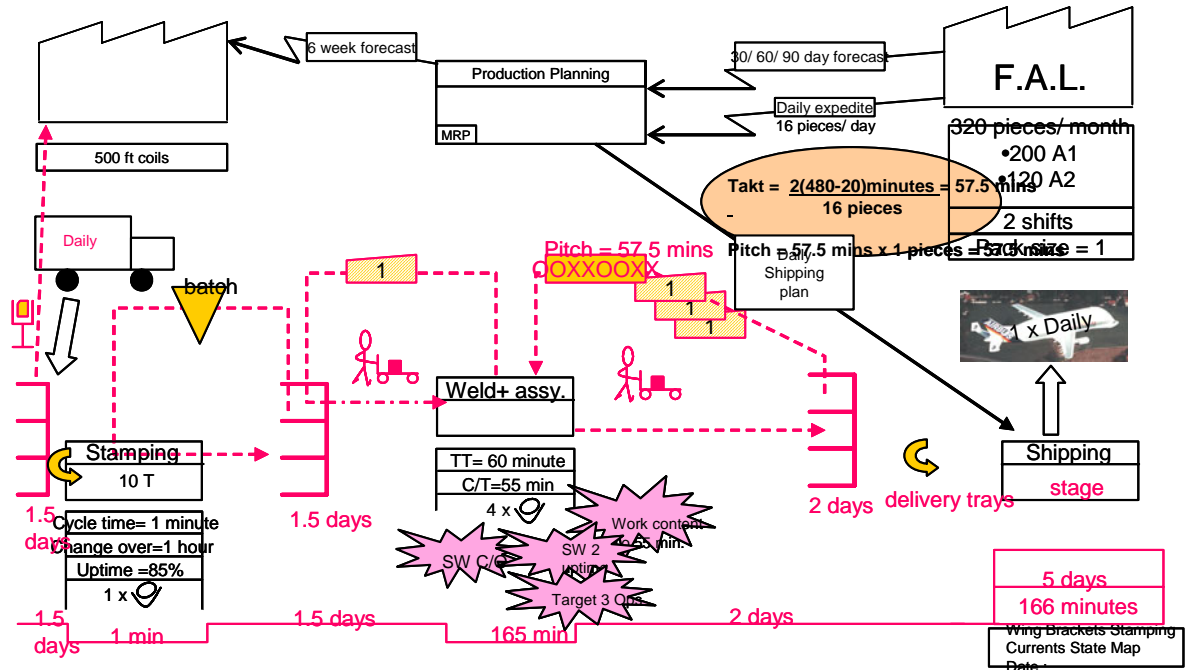


Figura 4. 13 Mapa de Flujo de Valor Futuro



Capítulo 5. **IMPLANTACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN**

“No hay mejoras sin estándares. El inicio de cada mejora es conocer exactamente donde estás”

Masaaki Imai

La frase del consultor de calidad japonés sirve de partida para el desarrollo de las mejoras que se llevarán a cabo en la fabricación del A-320. Algunas de ellas surgirán de manera espontánea y serán de fácil y rápida implementación, fruto de la revisión de los procesos mediante diversas técnicas. Otras, sin embargo, requerirán un estudio exhaustivo, y la modificación de las operaciones asociadas al proceso productivo impactarán de manera significativa al proceso global.

El objeto del capítulo será establecer un método robusto y fiable para controlar que las operaciones y las tareas, tanto directas como indirectas asociadas al proceso productivo, se ajustan a unos estándares definidos. De este modo se podrán sentar unas bases para la mejora dinámica en el tiempo.

La robustez del proceso de fabricación será el factor determinante en la nueva filosofía de producción. La búsqueda de la robustez repercutirá directamente en la fiabilidad de las operaciones, la eliminación de errores y la maximización de la calidad.

Para el establecimiento del nuevo sistema se emplearán conceptos sobre la estandarización del trabajo, y cómo se pueden documentar todas las actividades que conforman la fabricación para obtener el mejor método.

Posteriormente definidas las operaciones modelo se estará en disposición de afrontar el ejercicio de equilibrado de línea de producción, para conseguir ajustarse al ritmo marcado por la demanda.

5.1 EL TRABAJO ESTANDAR

En industrias como Airbus la componente manual por parte de los operarios a lo largo del proceso productivo es de gran importancia. Se deben establecer unas condiciones durante la ejecución de las actividades: la forma de taladrado, los movimientos, la posición de las piezas durante el ensamblaje, los tiempos necesarios para las operaciones,... son factores determinantes que repercuten directamente sobre el producto, y afectan a los tiempos de entrega del mismo, a la calidad y al coste asociado sobre el avión.

Para evitar entre otros factores, la variabilidad del proceso productivo, se recurre a la creación del **Trabajo Estándar**. El Trabajo Estándar es un método para la elaboración de un proceso de trabajo uniforme, que engloba a todas las actividades involucradas en el proceso productivo. Una parte muy significativa del Trabajo Estándar se centra en torno a los movimientos de los operarios, creación de métodos de trabajo que ayuden a la seguridad dentro de la fábrica y que a su vez ayuden a eliminar aquello que no añada valor al producto. Además, garantizando un uso eficiente de los equipos y de las herramientas de trabajo.

Como se verá más adelante, el Trabajo Estándar se apoya en unas **Instrucciones de Operación Estándar**, las cuales serán usadas como una guía visual que ayudarán a mantener un rendimiento eficiente, así como unos niveles de calidad y seguridad acorde con el nuevo sistema. A través de la documentación de las operaciones modelo, y la preparación de las instrucciones para desempeñar un trabajo uniforme, se sentarán las bases para la Mejora Continua dentro del área de trabajo. No hay que olvidar que para conseguir un Trabajo Estándar se debe contar con la colaboración de todos los departamentos involucrados de manera directa en el proceso de producción, y haciendo hincapié en los comentarios y experiencias de los operarios, así como evaluando sus habilidades a la hora de desempeñar nuevos trabajos.

Las ideas que se obtienen fruto de la adecuación a un Trabajo Estándar se traducen en los siguientes resultados:

- Se tendrá un control íntegro de la secuencia de trabajo, las subactividades que componen el proceso productivo y de los tiempos necesarios para cada una de ellas.
- Permitirá a las operaciones y a la línea de producción ser susceptibles de equilibrarse respecto al Ritmo de Producción.
- Permitirá identificar de una manera rápida las desviaciones respecto a los tiempos modelo/estándar, y los tiempos actuales, proponiendo mejoras para acercarse lo máximo posible a los tiempos estándar.
- Se podrán identificar de forma más clara las actividades que no añaden valor al producto, extrayéndolas en la medida de lo posible fuera de la secuencia de trabajo.

- El Trabajo Estándar servirá como medio de entrenamiento al personal bajo un nivel óptimo de adecuación a las mejores prácticas y métodos para desarrollar las tareas especificadas.

En definitiva, mediante la implementación de un programa de Trabajo Estándar se sentarán las bases para obtener unos niveles de calidad, cantidad, mano de obra e inventario que se ajusten lo máximo posible a los objetivos ideales de producción recogidos de la planificación a largo plazo. Y todo ello desemboca en el objetivo final de una empresa de fabricación: un trabajo sólido y la fijación de rigurosos estándares serán los caminos para ganar la confianza y satisfacción del cliente.

5.1.1 Orígenes del Trabajo Estándar

El Trabajo Estándar es uno de los grandes avances a los que se enfrenta el sistema de producción de Airbus en la actualidad. Supone un avance significativo respecto al sistema de producción que se estaba siguiendo desde hace años. Dicho sistema, obsoleto, había sufrido pocas variaciones a lo largo del tiempo. Sus características generales pueden resumirse en:

- Carecía de una estandarización en el trabajo, y sólo ciertos aspectos básicos estaban sistematizados bajo unos estándares (por ejemplo, ciertas normas de calidad, tolerancias,...).
- El trabajo no era uniforme; una misma operación podría tener resultados diferentes en función de qué operario la realizase, ya que cada uno aplicaba sus propios métodos para realizar tareas, o incluso pequeñas variaciones sobre un modelo.
- Así mismo, los tiempos de ejecución de las tareas podían variar, ya que no había un estándar claramente definido, ni el operario conocía con exactitud cuanto tiempo debía invertir en la realización de la operación.
- No había posibilidad de un control visual, ya que al estar el trabajo tan alejado de los estándares, la identificación de desviaciones no era patente, o se apreciaba únicamente cuando el producto estaba terminado, invirtiendo tiempo y recursos en reducir ésta desviación respecto al ideal.

La aplicación de las técnicas para conseguir un Trabajo Estándar repercute en unos resultados ambiciosos. Por un lado, al adecuar todas las operaciones a un modelo a seguir, se obtienen unas pautas detalladas de cómo deben de ser las actividades a realizar sobre un producto, así como unos tiempos específicos para su ejecución. Por otro, una vez que se ha establecido un trabajo reglamentario, cualquier desviación respecto al objetivo es apreciable de una manera clara por los niveles involucrados directamente en



la producción, pudiendo actuar de una manera más rápida y precisa allí donde surga el problema.

Además, si al estudio de la operación se le aplican las lecciones adquiridas sobre balanceo de línea y Ritmo de Producción, es posible determinar qué operaciones afectan de manera crucial al *Takt Time*, y se posibilita la opción de redistribuir el trabajo para ajustarse a niveles de *Takt* variables, y de este modo ayudar a flexibilizar la línea de producción.

5.2 LA OPERACIÓN ESTÁNDAR

Para desempeñar un trabajo estandarizado, uniforme y eficaz dentro de la planta es necesario que los trabajadores conozcan a la perfección cual es el método más eficaz a la hora de producir. Todas las operaciones deben estar perfectamente documentadas, y reflejar valores como tiempos de procesado, orden secuencial de las tareas a realizar, utensilios necesarios,...

Por definición, una **Operación Estándar** es la mejor manera de realizar un trabajo determinado, garantizando en todo momento la seguridad de los trabajadores, la calidad del producto y la máxima eficiencia del proceso.

La Operación Estándar define una responsabilidad directa sobre el trabajador. Mediante el proceso continuo de estudio y documentación de las tareas a realizar sobre el producto, se provee al trabajador de unas bases para la identificación y eliminación de aquello que no aporta valor a la tarea.

Además de ésta ventaja, el proceso de implantación de Operaciones Estándar repercute en los siguientes **beneficios**:

- Sirve para el entrenamiento de la plantilla en los mejores métodos para fabricar.
- Es el medio más eficaz para la estandarización de procesos.
- Es un documento de constante revisión, y sienta las bases para una mejora continua a lo largo del tiempo.
- Mejora la seguridad en el trabajo.
- Ayuda a una gestión más eficaz del puesto de trabajo.
- Debido a que es un documento oficial, puede ser objeto de auditorías para comprobar su validez en determinadas áreas.

El proceso de documentación de los métodos más eficaces para la realización de una tarea tiene como resultado la creación de la Instrucción de Operación Estándar (**SOI**, *Standard Operation Instruction* en terminología anglosajona). Ésta instrucción proporcionará una herramienta para que los distintos grupos de trabajo tomen la responsabilidad sobre sus propias tareas. Debido a que para su elaboración están implicados diversos departamentos (ingeniería, cálculo, seguridad y salud,...) se asegura que cada uno de ellos plasme en la instrucción la mejor manera de elaborar el proceso, compartiendo técnicas, y de este modo se maximice la eficiencia global en la fabricación.

¿Cuáles son los **elementos clave** que se deben considerar a la hora de la elaboración de la Instrucción de Operación Estándar?

- Detalles del proceso de producción, incluyendo todas las subtarefas.
- Una secuencia de trabajo desglosada en operaciones sencillas y de corta duración, en la medida de lo posible.
- Los tiempos dedicados a cada tarea, puestos en concordancia por todos los departamentos.
- Un diagrama que muestre cómo deben ser los movimientos del operario en la zona de trabajo.
- Una clasificación del trabajo: operaciones productivas, no productivas que añaden valor e improductivas.
- Una firma o verificación por parte del jefe de equipo para asegurar que la operación cumple el estándar definido en los objetivos.

A continuación se presentan dos ejemplos que ilustran las Operaciones Estándar. En el primero de ellos (figura 5.1) se puede ver una hoja en blanco, con los campos necesarios para ser rellenados. En la segunda (figura 5.2), fruto de un trabajo elaborado, se puede ver el resultado final de una operación de montaje de los herrajes de servicio en el estabilizador horizontal de cola del A-320.

Form No. QA-638 Iss 1 (In accordance with MI 8-139)

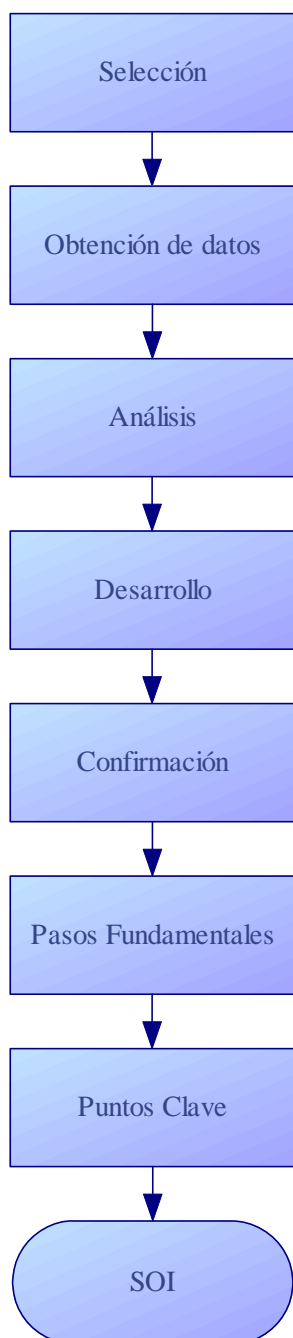
Capítulo 5. Implantación y Estandarización

[illegible]

Figura 5. 2 Instrucción de Operación Estándar completa

5.2.1 El desarrollo de la Instrucción de Operación Estándar

El trabajo de desarrollo de una Instrucción de Operación Estándar debe de ser meticuloso y cuidadosamente elaborado, ya que en él se plasmarán los mejores procedimientos para maximizar la eficiencia del proceso. El proceso de elaboración de las Instrucciones consta de diversas etapas, las cuales se analizarán a continuación.



PASOS

1. Selección de la operación a analizar
2. Obtención de los datos relativos a la operación
3. Análisis de la operación
4. Desarrollo del mejor método actual
5. Etapa de confirmación
6. Identificación de los pasos fundamentales en la operación
7. Identificación de los Puntos Clave
8. Redacción de la Instrucción de Operación Estándar.

1. Selección de la operación a analizar.

Cuando en un proceso productivo como la fabricación de estabilizadores se tiene diversas operaciones, es necesario obtener un criterio para poder discriminar entre ellas, y seleccionar aquellas en las que se van a centrar los esfuerzos para su estandarización. Los criterios pueden variar dependiendo el tipo de operación y su impacto dentro de la cadena productiva, por lo que la evaluación de las tareas se determinará en función de los siguientes aspectos:

- dificultad de la fabricación,
- tiempo necesario para la ejecución de la tarea,
- impacto en la calidad del producto tras la tarea,
- seguridad y ergonomía durante la realización,
- grado de manipulación de los materiales,
- posible nivel de mejora futura en el proceso, etc.

No hay que olvidar que el proceso de selección de las tareas supone un gran esfuerzo y derroche de medios y tiempo para su investigación, de modo que es necesario tener en cuenta si los posibles beneficios tras la optimización de la tarea justificarán dicho esfuerzo.

2. Obtención de los datos relativos a la operación

A la hora de la obtención de los datos necesarios para desempeñar una tarea, uno de los mejores métodos es la observación directa de la misma. Adicionalmente, se puede conseguir información también mediante el uso de datos históricos, entrevistas con los operarios,...

En caso de tener que abordar operaciones cuyo Lead-Time sea elevado (de varios días, o que involucren a varios turnos) un método eficaz es la grabación en vídeo de las operaciones, para posteriormente centrarse en aquellos periodos más significativos de cara al estudio de la misma, evitando espacios de tiempo que no aporten información (curado del sellante, traslados de los estabilizadores, posicionamiento en las gradas...)

3. Análisis de la operación

Una vez obtenidos los datos referentes a la operación, se evalúan las necesidades específicas de la misma, y su grado de aproximación a lo que hay actualmente en la planta. Un ejemplo sería si las herramientas que tienen los operarios son las correctas para la operación, y si están debidamente situadas cerca de donde van a ser empleadas.

Se debe, además, contrastar la información técnica de la operación con las sensaciones de los operarios, incluyendo en este caso anotaciones para posteriormente ser evaluadas como mejoras sobre el proceso actual. Cada operario suele tener su propio método para desarrollar una tarea: en este momento se deben recopilar todas las formas, para poder discriminar en los siguientes pasos.

Es importante determinar en este estado si las operaciones que se realizan sobre el producto siguen una secuencia lógica, para posteriormente evaluar si es posible una redistribución de las mismas para mejorar la eficiencia.

Cualquier sugerencia que repercuta en una mejora de la calidad, eficiencia o seguridad en el trabajo debe ser anotada.

4. Desarrollo del mejor método actual

En esta etapa se pueden aplicar una serie de preguntas para analizar la forma de realizar las tareas en la actualidad, e identificar las posibles mejoras:

- Cuestionar qué se está haciendo y cuándo: ¿se siguen actualmente las instrucciones en el taller? En caso negativo, investigar la causa.
- En el caso de que haya varios métodos empleados por los operarios para realizar las acciones, discernir cuál de ellos es el mejor para la seguridad, la eficiencia y el sostenimiento de la calidad a largo plazo.
- Aplicar cuatro principios fundamentales para economizar los movimientos en todas las operaciones:
 - Reducir los movimientos largos en la medida de lo posible.
 - Aplicar movimientos simultáneos.
 - Hacer movimientos sencillos.
 - Reducir las distancias de desplazamiento y el esfuerzo invertido

5. Etapa de confirmación

En esta etapa se completa la tarea con las anotaciones previas extraídas de los puntos anteriores.

En una primera aproximación, se puede hacer una simulación de la tarea en la planta de producción, para comprobar su nivel de desarrollo dentro del entorno de trabajo. Adicionalmente, se deben considerar una serie de preguntas:

- ¿La instrucción es simple y concisa, y no da lugar a ambigüedades?
- ¿Hace falta un entrenamiento especial por parte del operario para desarrollar la instrucción?
- ¿El lenguaje empleado es claro, y sus tecnicismos son de uso común entre los operarios?

Mediante esta batería de preguntas se persigue encontrar y resaltar los errores que no han aparecido hasta ahora, e incluso advertir la presencia de aquellos fruto de la realización de la instrucción dentro del entorno de trabajo real y su interferencia con otras funciones.

6. Identificación de los Pasos Fundamentales en la operación

En esta etapa se pretende desglosar una operación global en una secuencia de tareas consecutivas, de la manera más simple posible.

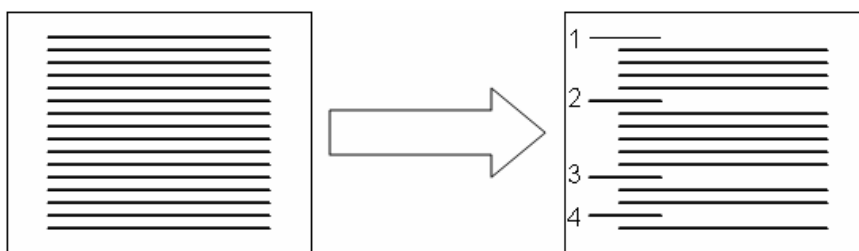


Figura 5. 3 Desglose de operaciones

Cada paso debe de ir precedido de un título que muestre el resumen de la operación a seguir. El orden de las operaciones una vez desglosadas debe de ser lógico, ayudando a la búsqueda de un rendimiento óptimo con un alto nivel de seguridad para el operario.

7. Identificación de los Puntos Clave

Se define los Puntos Clave como aquellas partes de la operación que pueden impactar en calidad, seguridad, eficiencia del proceso y entregas. Son los llamados puntos negros del proceso productivo, y la información relevante a ellos puede ser derivada de las experiencias del personal de producción y de las funciones auxiliares que intervienen en el proceso: eléctricos, automáticos, mecánicos, selladores, pintores,...

8. Redacción de la Instrucción de Operación Estándar.

Este paso resume en un documento oficial la información técnica recogida en los puntos anteriores. A modo de ejemplo, sirve la Instrucción de Operación Estándar reflejada en la figura 5.2. Los elementos a destacar en la redacción del documento son:

- Una presentación clara y concisa, con los títulos de las operaciones resaltados, y los pasos a seguir con orden lógico.

- Si se usan términos técnicos, asegurarse de que son ampliamente conocidos. Las ambigüedades no ayudan al proceso.
- Se deben usar abreviaciones en la medida de lo posible, siempre que no interfieran con el punto anterior.
- Usar fotografías donde sea necesario. “*Una fotografía vale más que mil palabras*”: en la fotografía se pueden resaltar zonas de actuación, así como mostrar las herramientas y el posicionado correcto de los elementos durante el proceso.

Debido a que la Instrucción de Operación Estándar tiene como objetivo ser usada por los operarios, para su trabajo diario y el entrenamiento del nuevo personal, se debe asegurar su correcta ubicación en el área de trabajo, de modo que sea accesible al personal, con el número de copias necesario para que todo el mundo, cuando lo requiera, pueda disponer de su información durante la realización de las tareas.

La figura 5.4 muestra la colocación de un conjunto de Operaciones Estándar en el área de equipado. Concretamente, se sitúan en el mismo útil de posicionamiento de los estabilizadores, al alcance de cualquier operario que trabaje en esa sección.

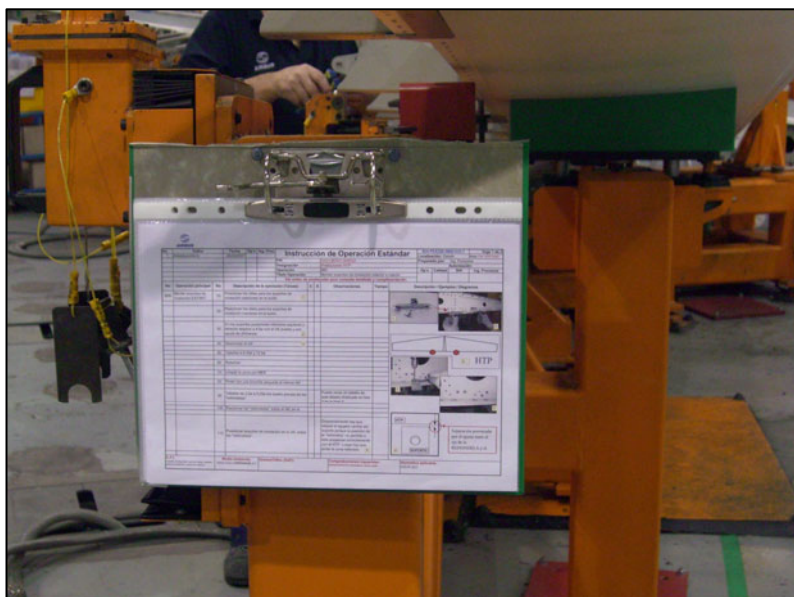


Figura 5. 4 SOI's en el Preequipado

El logro de documentar el proceso y el cumplimiento no proporcionan inmediatamente una eficiencia elevada al negocio. Es el punto de partida para sentar las bases del nuevo sistema de fabricación, ya que su atributo principal es la forma por la que una persona observa el proceso, y ve su potencial de mejora.

5.2.2 El mantenimiento de la Operación Estándar

El esfuerzo invertido en la realización de la Operación Estándar, incluyendo los comentarios de todos los departamentos involucrados y las propias experiencias y habilidades del personal, han dado como resultado una *SOI*. Pero como se comentó anteriormente, éste no es el objetivo final del proceso. La instrucción no es un documento estático, sino que sirve para que un observador tenga una idea clara del proceso, y se puedan seguir identificando oportunidades de mejora que ayuden a elevar los actuales niveles de calidad, seguridad y eficiencia.

A modo de resumen, los puntos clave por los que se debe mantener y revisar continuamente las operaciones estándar son:

- Asegurar que el trabajo se realiza conforme a ellas, y las desviaciones respecto al proceso ideal se van reduciendo paulatinamente.
- Asegurar que el método especificado sigue siendo la mejor manera de realizar las tareas del proceso productivo.
- Seguir evaluando las posibles oportunidades de mejora que vayan surgiendo en el tiempo.

Es inevitable que los trabajadores vayan encontrando diversos métodos para llevar a cabo una tarea a medida que van ganando experiencia. Sin embargo, estos nuevos métodos han de ser evaluados rigurosamente, para identificar si realmente las nuevas técnicas añaden valor al producto. En caso positivo, la Instrucción de Operación Estándar debe ser revisada, y todos los trabajadores que realicen esa misma operación deben de ser entrenados en el nuevo método, de modo que su aplicación sea global.

Llegado a este punto, no es conveniente deshacerse de las anteriores operaciones, ya que la aplicación de un nuevo método lleva tiempo y entrenamiento, y durante ese periodo se pueden detectar fallos que antes no se habían considerado, llegando en ocasiones a descartar los nuevos cambios, y volviendo a las operaciones anteriores cuya validez ya había sido testada.

5.2.3 Entrenamiento en las Operaciones Estándar

El proceso de entrenamiento del personal de producción en las Operaciones Estándar es crucial para asegurar el nuevo estándar de fabricación. El objetivo es delegar la máxima responsabilidad en el trabajador, que sea consciente del nivel de eficiencia y calidad implícito en el seno de la empresa, y que colabore de manera activa para mejorar la forma en que él mismo trabaja. Nadie mejor que el operario conoce las

tareas que conforman los procesos, y fruto de su experiencia diaria y las habilidades que va adquiriendo durante su carrera laboral es capaz de identificar rápidamente oportunidades que para otras personas pueden pasar desapercibidas.

El proceso de entrenamiento del personal en el nuevo método de trabajo es progresivo, y consta de seis etapas, como muestra la figura 5.5.

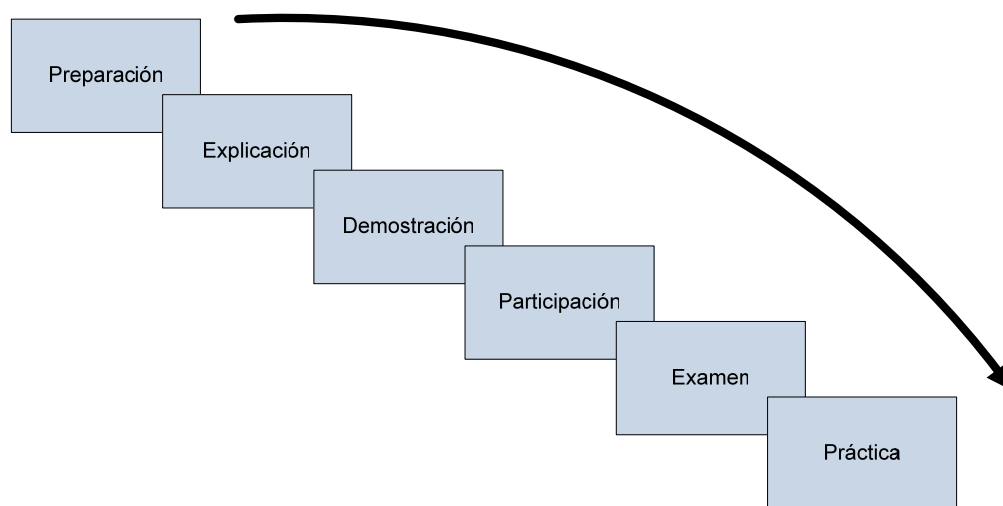


Figura 5. 5 Proceso de Entrenamiento en las SOI's

A continuación se expone un breve detalle de cada uno de los pasos que conforman el entrenamiento.

1. Preparación

Se debe disponer de todos los elementos necesarios, y en su sitio adecuado antes de empezar con el entrenamiento. Los elementos incluyen las herramientas necesarias, repuestos, piezas de recambio,... Además, se debe asegurar un tiempo de ejecución del ejercicio considerable, para no tener que interrumpir el proceso de entrenamiento debido a una mala planificación.

2. Explicación

En esta etapa se debe hablar con el operario, y explicarle el motivo del uso de las Instrucción de Operación Estándar, que haga él mismo una primera toma de contacto con ellas y plantee sus dudas. Introducir conceptos de relación entre la tarea y su entorno de trabajo, y fomentar que el operario considere que durante sus tareas, hasta los pequeños trabajos son importantes.

El objetivo de este punto no es sobrecargar al operario con información, sino que él mismo empiece a realizar el trabajo, e ir ayudándole mediante consejos puntuales para ser más eficiente.

3. Demostración

En aquellas tareas que requieran un nivel mayor de complejidad, el entrenador puede tomar la iniciativa, y dejar que el operario observe con atención el proceso, resaltando aquellos puntos clave que vayan surgiendo durante la ejecución.

4. Participación

Posteriormente el operario debe repetir los pasos del instructor. Se debe evitar actuar con excesiva severidad: es mejor que el trabajador aprenda a realizar las tareas, e ir corrigiendo los errores sobre la marcha, que no intentar sobrecargarle con información y dejarle a él solo hacer la tarea.

5. Examen

En esta etapa se identifica si el operario ha comprendido cuáles son los puntos clave de las tareas, e incluso se le puede preguntar por aspectos más técnicos de las mismas. Éste método sirve de ayuda para que él mismo se replantee la forma de hacer su trabajo.

6. Práctica

“La mejor manera de aprender una tarea es haciéndola”. La experiencia pone de manifiesto que es mejor evitar que el operario piense que la tarea es única y exclusivamente de su responsabilidad. En los primeros momentos se debe ofrecer al trabajador una persona con experiencia, para resolver las posibles dudas que pueda tener en el proceso. Poco a poco él mismo irá familiarizándose con las tareas, y se le pueden ir haciendo revisiones periódicas para ver cómo evoluciona en el aprendizaje y desarrollo de las nuevas habilidades.

En éste apartado se ha descrito el modelo que sigue Airbus para dar formación a los operarios en las funciones propias de la fabricación. A lo largo de la historia, los métodos para enseñar a los trabajadores han ido evolucionando, adecuándose a las nuevas necesidades de producción y abarcando tareas más allá de la propia fabricación. Uno de los máximos exponentes a la hora de brindar formación a los operarios lo constituye la industrial automovilística, y en concreto el fabricante Toyota. A continuación se resumirá brevemente el proceso que emplea Toyota para entrenar a los nuevos trabajadores.

“Para Toyota, el primer requisito fundamental es que el trabajo sea completamente específico: los errores provienen de los pequeños detalles, por eso hay que hacer especial hincapié en proporcionar la máxima exactitud a la hora de describir las operaciones. Los nuevos trabajadores son entrenados por operarios experimentados, que les enseñan mediante demostraciones lo que se debe hacer. Aunque un trabajo esté bien especificado, como por ejemplo las tareas para el montaje de los asientos de un vehículo, el proceso asume cierto grado de variabilidad: ésta variabilidad se traduce en una menor calidad, menos productividad y mayores costes para la empresa. Es por ello que en Toyota se sigue una estricta secuencia, para hacer siempre el mismo trabajo, sea el operario que sea, y de este modo apreciar con claridad cuando el trabajo se desvía de las especificaciones.

La parte más importante radica en que los *managers* de Toyota no especifican con exactitud cómo debe hacer el trabajo el operario: más bien emplean técnicas de aprendizaje que permiten a los operarios descubrir cómo hacer el trabajo a consecuencia de ir resolviendo problemas. Por ejemplo, durante el proceso de instalación del asiento del conductor, el supervisor preguntará al operario:

- ¿Cómo haces éste trabajo?
- ¿Cómo sabes que estás haciendo éste trabajo de manera adecuada?
- ¿Cómo sabes que el producto final está libre de defectos?
- ¿Qué harías si ocurriese algún problema?

Éstas preguntas, proporcionan al operario un profundo conocimiento del trabajo que desempeña. A través de varias experiencias como éste ejemplo, el operario va aprendiendo a generalizar, y aplica éstos principios al resto de actividades. La filosofía que engloba el proceso de aprendizaje y enseñanza se denomina “*Lead by Example*”.

SPEAR, Steven; BOWEN, Kent. “Decoding the DNA of the Toyota Production System”. *Harvard Business Review*. Septiembre-Octubre 1999.

5.3 EL BALANCEO DE LA LÍNEA

Mediante la elaboración del Trabajo Estándar, una de las primeras etapas que se han abordado ha sido el estudio minucioso de cada tarea a realizar. Fruto del estudio, se han identificado aquellas partes que añaden valor al producto, y las que no.

Además se han fijado unos tiempos específicos a cada operación, así como unas valoraciones de las subactividades que la componen: cambio de herramientas, desplazamientos, etc.

Con éstas nociones extraídas de las *SOIS*, se está en disposición de hacer el ejercicio de balanceo de línea, necesario para asegurar que las operaciones están por debajo del *Takt Time*, y que en definitiva, el Ritmo de Producción es el adecuado para cubrir las necesidades del cliente. En esta etapa de nivelación de la línea, es un factor fundamental tener una visión global del proceso, cuáles son las tareas posibles de marcar el Ritmo de Producción, y dónde pueden producirse los cuellos de botella.

Para el balanceo de la línea se emplea una herramienta denominada **Tabla de Equilibrado**. Su misión es simple: trata de ayudar a los ingenieros a elaborar un diseño de trabajo eficaz para la fabricación, así como la de remarcar posibles oportunidades de mejora, y todo ello minimizando en la medida de lo posible el riesgo de errores. La manera de lograr éste objetivo es hacer un trabajo *visible*, dividido según el valor aportado por las operaciones, para averiguar rápidamente dónde se encuentran las oportunidades de mejora.

A continuación se muestra un ejemplo de ejercicio de **equilibrado de un puesto**, con el desglose de operaciones, los operarios necesarios y los diversos tiempos que intervienen durante su ejecución. Éste será un paso previo antes de la elaboración de la Tabla de Equilibrado

Tarea	Nº oper.	Ope. f.	Nº min.	Nº max.	PREP	EJEC	CONTENIDO TRABAJO MONTAJE	TOT/op. TEORICO	RECURSO REAL Horas	DURACION REAL Horas	Puesto ocupado	3º operario desde:	3º operario hasta:	TOT/op. REAL	TOT	ACU
MONTAR TAPAS Y PANELES	2		2		1,2	13,5	14,7	7,4		7,4				7,4	14,7	7,4
VERIFICAR A-B-C-X	1		1		0,0	4,2	0,0	4,2		4,2				4,2	4,2	11,5
VERIFICAR A-X	1				0,0	0,3	0,0	0,3		0,3				0,3	0,3	7,7
DESMONTAR TAPAS Y PANELES	2		2		0,4	5,1	5,4	2,7		2,7				2,7	5,4	10,1
MONTAR CARENA, LEX Y BA	2		2		1,0	2,4	3,5	1,7		1,7				1,7	3,5	11,8
LIMPIAR INTERIOR	2	A	1		0,0	0,5	0,5	0,2		0,2				0,2	0,5	12,0
TAPAR DINES (incluido en Montar Carena)	2		1		0,0	1,7	1,7	0,9		0,9				0,9	1,7	12,9
MONTAR PASAMAMPAROS	2	B+A	1		0,0	4,0	4,0	2,0		2,0				2,0	4,0	14,9
MONTAR FUJAR Y PROBAR TUBERIAS (Sistemas V/A, Az)	2	B+A	1		0,0	14,6	14,6	7,3		7,3				7,3	14,6	22,2
VERIFICAR A, A-G-X	1				0,0	1,3	0,0	1,3		1,3				1,3	1,3	22,2
PROTECCIÓN DE MASA CON SELLANTE	1		1		0,2	1,0	0,0	1,2		1,2	12,0			1,2	1,2	41,3
PREPARACIÓN PREVIA DE MAZOS (Montaje de soportes en Mazo)	1				0,0	1,0	0,0	1,0		1,0				1,0	1,0	22,2
EMBRIDAR MAZOS LADO IZQ. (LATERAL)	1		1		0,0	7,1	0,0	7,1		7,1				7,1	7,1	29,3
EMBRIDAR MAZOS LADO DCHO. (LATERAL)	1		1		0,0	7,1	0,0	7,1		7,1				7,1	7,1	36,4
SELLAR ZONAS DE MASA	1		1		0,1	0,8	0,0	0,9		0,9	12,0			0,9	0,9	42,2
MONTAR CARENA	2		1		0,4	2,1	2,5	1,3		1,3				1,3	2,5	23,5
VERIFICAR A-X Continuidad estruct.	1				0,0	0,1	0,0	0,1		0,1				0,1	0,1	23,6
MONTAR TIMONES	2		1		3,0	7,2	10,2	5,1		5,1	12,0			5,1	10,2	28,5
VERIFICAR A-X	1				0,0	0,5	0,0	0,5		0,5				0,5	0,5	29,0
MONTAR LEX Y BA	2		2		0,0	4,7	4,7	2,3		2,3				2,3	4,7	30,9
VERIFICACIÓN LEX	1				0,0	3,6	0,0	3,6		3,6				3,6	3,6	34,5

Figura 5. 6 Tablas de equilibrado

En términos generales, los tipos de actividades llevadas a cabo a través del uso de la Tabla de Equilibrado de línea pueden dividirse en los siguientes grupos:

- Rebalanceo de trabajo para mantener la capacidad de la línea al máximo posible
- Rebalanceo de las tareas dentro de un proceso productivo, o cambiar la velocidad de la línea.
- Rebalanceo de la línea para poder implementar nociones de Mejora Continua.

Elementos clave en la Tabla de equilibrado

Debido al carácter dinámico de las Tablas de Equilibrado, su elaboración debe ser concebida con vistas a una flexibilidad del proceso: no se pueden centrar los esfuerzos para desarrollar el mejor trabajo ahora, sino que se deben sentar unas bases para afrontar también futuros cambios de velocidad, capacidad humana, etc. De este modo, los tres elementos clave a la hora de la preparación de las tablas son:

- **Planificar el cambio.**

Dentro de la flexibilidad de la línea, se deben crear procesos robustos, y tener en cuenta las restricciones que van a influir de manera más significativa en el proceso productivo.

- **Ayudar en la solución de problemas.**

Es fundamental diseñar eficazmente el proceso: para ello, uno de los puntos fuertes es tener en todo momento nociones sobre la calidad que tiene el producto en cada una de las etapas, debido a que es uno de los requisitos clave definido por el cliente.

- **Mejorar la condición actual.**

Las Tablas surgen como una necesidad frente a la situación actual. Una pregunta antes de su elaboración es *¿qué datos nos gustaría tener del proceso actual, y cuáles de ellos desconocemos?*. Se deben resaltar las inutilidades y desperdicios de los procesos, y mostrar los tiempos reales de las tareas, para apreciar así de manera más visual las diferencias frente a los datos teóricos.

5.3.1 Elaboración de la Tabla de Equilibrado

Para una planificación eficaz del proceso de elaboración de la Tabla de Equilibrado es vital tener, en una primera aproximación, el nivel correcto de detalle necesario. Si se está analizando una tarea dentro de una operación compleja, que contenga diversos pasos, es necesario no sólo centrarse en la tarea propiamente dicha, (como indica la *SOI*)

sino visualizarla dentro del entorno de la fábrica. No observar únicamente el tiempo que se tarda en ajustar una pieza, sino cuánto tiempo tarda en ser retirada de una posición de suministro, cuánto tiempo el almacén logístico en reponer de nuevo la pieza, qué pasa si hay rotura de stock,...

Preguntas como éstas intentan poner de manifiesto que sólo mediante el conocimiento real de un determinado trabajo se puede empezar a mejorarlo.

Una vez estudiadas las sugerencias anteriormente expuestas, el método para la elaboración de las Tablas de Equilibrado se resume como muestra el esquema de la figura 5.7:

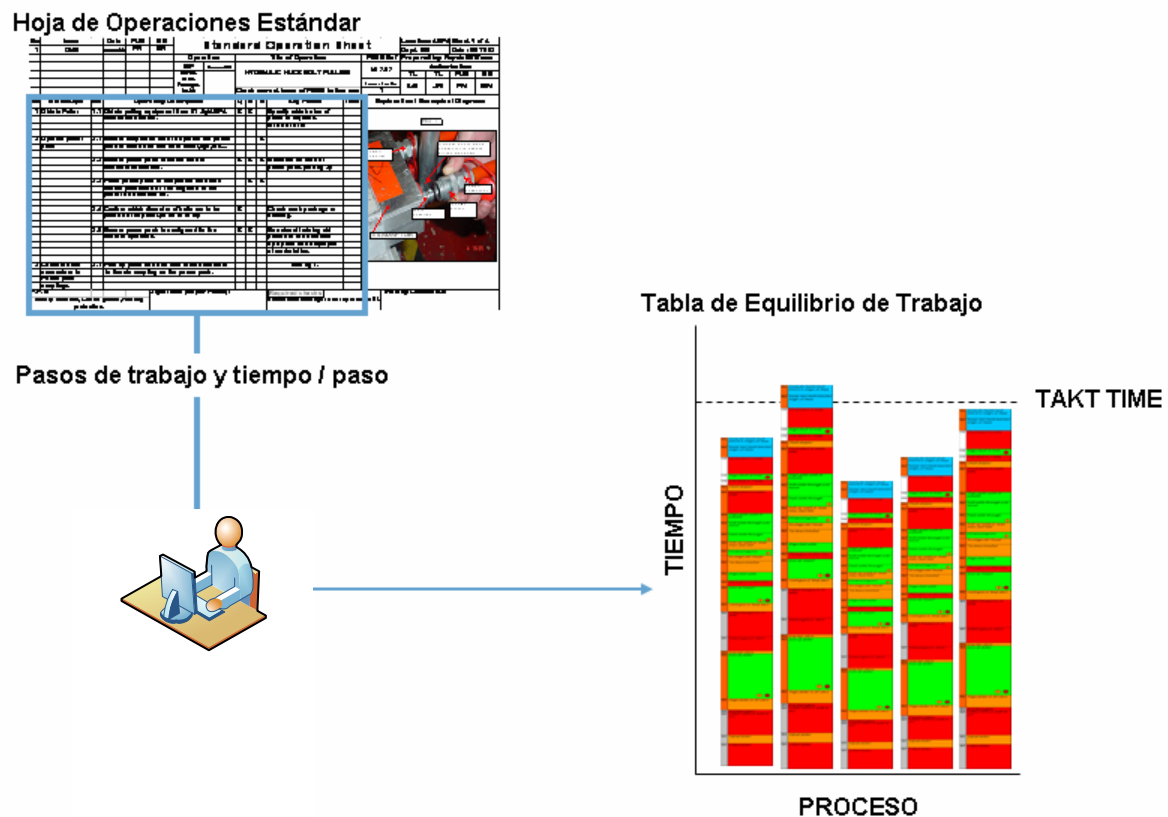


Figura 5. 7 Creación de la Tabla de Equilibrado

Los pasos que se deben seguir para la elaboración de la Tabla de Equilibrado son los siguientes:

1. Visualización de cada sub-tarea que compone la hoja de operación estándar
2. Codificación de cada tarea en función del tipo (taladrado, movimiento, espera,...) para tener una ayuda visual que facilite el equilibrado

3. Análisis de cada operación, y codificación según colores dependiendo si añade valor o no al producto.
4. Comparación de la duración de la tarea con el Ritmo de Producción (Takt Time).

En el tercer paso del método de elaboración de la Tabla de Equilibrado se propone la representación mediante colores del tipo de tarea dentro del proceso. La codificación por colores sigue un estándar definido en la industria, el cual se presenta en la figura adjunta.

R3	Rear axle hatch back Insert & align to flaps	2
R3	Rear rear hatch Insert & align to flaps	
C3	Rear seat 2x body	
C3	Align seat to body	2
C3	Push back to 2 body	
R3	Check shaper	
R3	Rear seat 2x seat body	
R3	Align seat with to body	
R3	Push cable through with hand	
R3	Push cable through	3
R3	Push up catch & raise Rear seat Bolt	
R3	Fit passenger pin	6
R3	Re-align 2x Panel	
R3	Tie down bracket	
R3	Align seat back	
R3	Place gun in front seat	
R3	Gun up Mount	3 11
R3	Load gun to temp start	
S1	Collect two guns to 2x body	

- **VERDE:** Trabajo de Valor Añadido (*Value Added Work*, VAW). Representa el trabajo sobre el producto, y es entendido como aquel que varía la forma o las propiedades del mismo-
- **NARANJA:** Trabajo de No Valor Añadido Esencial (*Essential Non Value Added Work*, ENVAW). Es el trabajo que no aporta valor añadido al producto, y que se requiere para dar el cambio a la forma o propiedades del producto.
- **ROJO:** Trabajo de No Valor Añadido (*Non Value Added Work*, NVAW). Trabajo que no cambia directamente las propiedades o el formato del producto. Es considerado desperdicio.
- **AMARILLO:** Trabajo Opcional. Trabajo que no se realiza en cada producto, y depende de las especificaciones.
- **AZUL:** Trabajo Variable. Es el trabajo que se realiza en cada producto, pero que varía dependiendo de la especificación.

Una vez desglosadas las tareas, pueden aplicarse las oportunidades de mejora detectadas durante el proceso de elaboración de la Tabla de Equilibrado.

La Tabla de Equilibrado es una herramienta poderosa para desarrollar el análisis y balanceo de la línea que se perseguía al principio: una línea flexible, capaz de adaptarse a los cambios y a las mejoras en el tiempo, a la vez que robustece sus procesos frente a los fallos.



Como punto adicional, y fruto de la experiencia de programas similares a éste en otras fábricas, se debe prestar especial atención al desperdicio (NVAW) en las operaciones cuando la demanda fluctúa en cortos periodos de tiempo. Muchas empresas tienden a re-equilibrar los procesos de trabajo, cuando la primera acción, y a veces la más sencilla, es identificar nuevas fuentes de no-valor añadido en las operaciones, e intentar eliminarlas en la medida de lo posible. No hay que olvidar que, en la mayoría de los casos, un cambio en el Ritmo de Producción es la mejor oportunidad para alcanzar una mejora eficaz.

5.4 RESUMEN

A modo de síntesis, y debido a la complejidad e importancia del capítulo, en este apartado se presentará un compendio del proceso de elaboración de un Trabajo Estándar, y el balanceo de la línea para que dicho trabajo pueda desarrollarse conforme a las especificaciones.

1. Mediante el análisis y la comparación de diversas técnicas de fabricación, se elaboran unas hojas de Instrucciones de Operación Estándar, las cuales servirán de guía para la realización de determinados trabajos en el taller.
2. No obstante, las operaciones son un documento aislado: deben ser relacionadas con el entorno que las rodea. Mediante las Instrucciones Estándar y documentos que ayuden a realizar de manera secuencial las tareas, así como la visualización de los tiempos, el operario tiene la capacidad suficiente para desempeñar no sólo una tarea simple, sino un número de operaciones consecutivas, tomando la responsabilidad sobre las mismas, e interviniendo de manera activa en el desarrollo de posteriores ideas de mejora.
3. A través de un análisis de tiempos de operación, y los diagramas de desplazamientos, esperas,... se puede hacer un desglose más minucioso de las operaciones, elaborando un estudio de valor añadido, para poder así aumentar el valor al producto final y evitar el desperdicio. Este ejercicio ayudará al equilibrado de la línea, que incluye todos los puestos de trabajo individuales, y hacer que la producción siga un ritmo determinado, ajustándose a los requisitos del cliente.

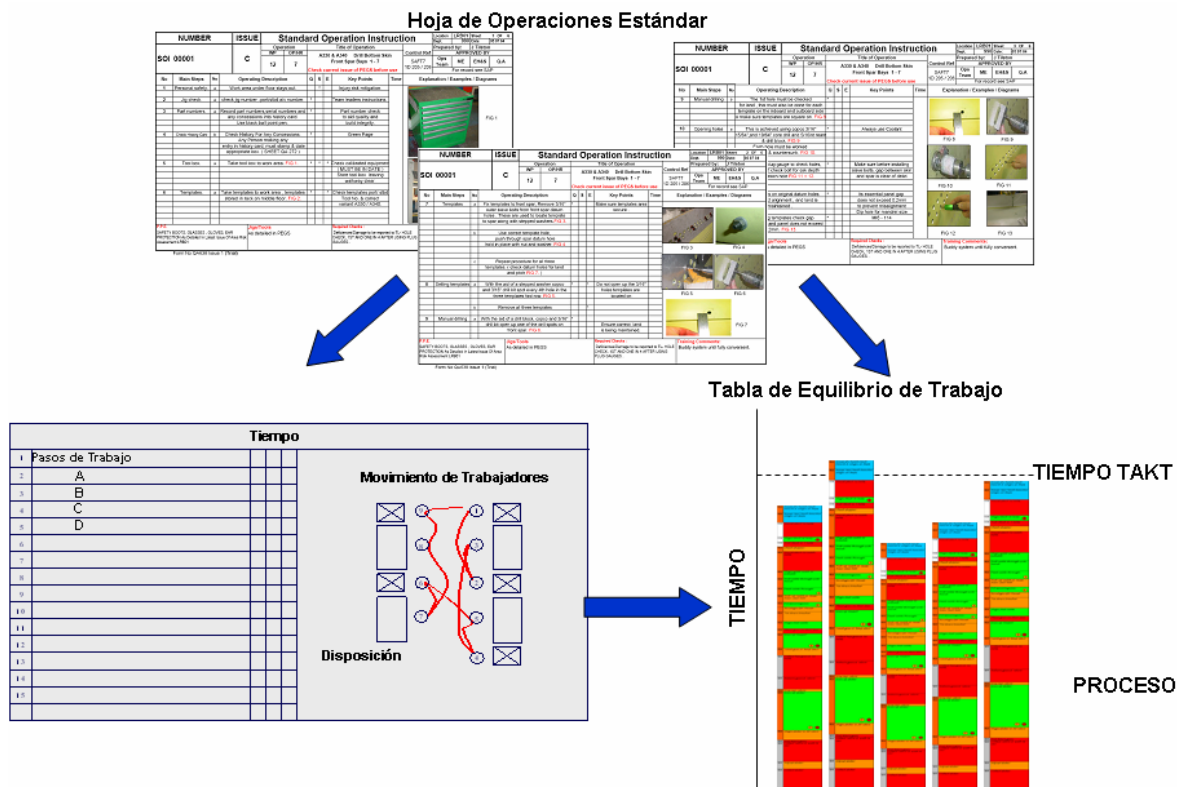


Figura 5. 8 Resumen del Trabajo Estándar

Para entender los conceptos expuestos en el capítulo, se propone a continuación un ejemplo ilustrativo de equilibrado de línea. Éste ejemplo retoma, a su vez, las pautas desarrolladas en el capítulo de análisis de Flujo de Valor (Capítulo 4), añadiendo técnicas adicionales en la resolución del problema que se presenta.

La línea de ensamblaje final (Final Assembly Line, FAL) de Toulouse necesita cubrir un volumen de producción de 10 estabilizadores a la semana. Dichos estabilizadores se preparan en Getafe, y se envían para ser montados en la línea de ensamblaje final. La fábrica trabaja 7 horas al día, y tiene dos turnos de trabajo (mañana y tarde).

Conociendo éstos datos, se puede calcular el *Takt Time*, que será:

$$Takt\ Time = \frac{Tiempo\ Total\ Disponible}{Demanda\ Cliente} = \frac{420\text{min}/\text{dia} \times 2\ \text{turnos} \times 5\ \text{días} / \text{semana}}{10\ \text{estabilizadores}} \times 0.95 = 399\ \text{min}/\text{est.}$$

Como se puede apreciar, al resultado se le ha aplicado un coeficiente correctivo del 5% para tener en cuenta las pérdidas de capacidad presentes en las fábricas.

Una vez obtenido el tiempo de procesamiento de cada elemento, que es el valor máximo de tiempo que se debe cumplir para no retrasarse en las entregas, se desarrolla una Instrucción de Operación Estándar, con los tiempos necesarios para la realización de cada paso. Además, se secuencian las tareas ordenadas en pasos lógicos, y se adjunta un diagrama de desplazamiento para ver la relación del operario con el entorno de fabricación.

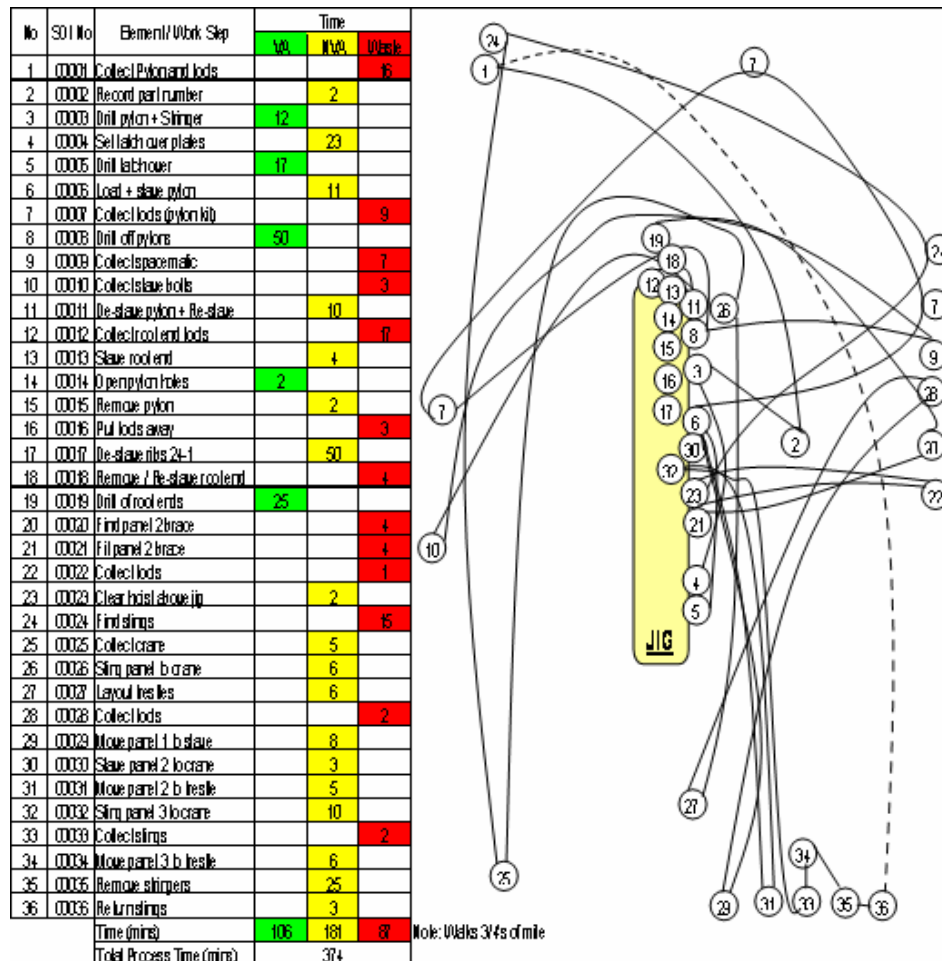


Figura 5. 9 Diagrama de movimientos del operario

Posteriormente en una segunda iteración, se dividen cada una de las tareas que conforman la operación según añadan valor al producto o no, y se resaltan empleando diferentes colores sobre los tiempos de la instrucción.

A continuación se realiza una Tabla de Equilibrado del proceso concreto, y se computan las operaciones agrupándolas todas ellas en una columna.

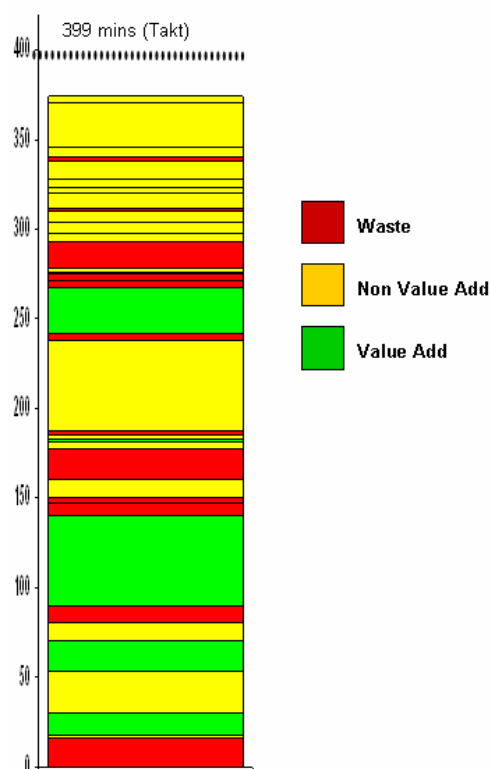


Figura 5. 10 División de las operaciones

En el ejemplo expuesto se aprecia que la fábrica trabaja por debajo del *Takt Time*, que es de 399 min. según los cálculos efectuados.

Es importante destacar otro aspecto: si se suman cuidadosamente los tiempos asignados a cada tarea, se obtiene que la duración es de 374 min., frente a los 399 min. que se obtuvieron mediante el cálculo del *Takt Time*. Esto indica un ratio del 93% de utilización de los trabajadores, quedando el restante 7% del tiempo dedicado a la fabricación ocioso. Como nota, se puede tomar un objetivo razonable en éste tipo de industria el 95% de uso de los trabajadores.

Como objetivo para el nuevo año, la Dirección se ha planteado aumentar la producción de estabilizadores, de modo que, sin aumentar la plantilla de trabajo ni las horas laborables a la semana, se pueda alcanzar un 20% adicional en la producción.

Recalculando el *Takt Time* para la nueva situación en el futuro, la cual contempla el ensamblaje de 12 estabilizadores, se obtiene que:

$$Takt\ Time = \frac{420\ min/ dia \times 2\ turnos \times 5\ dias / semana}{12\ estabilizadores} \times 0.95 = 332.5\ min/ est.$$

Suponiendo que ninguna de las operaciones que conforman la fabricación se ve alterada, la nueva restricción sobre el *Takt Time* viene reflejada de la siguiente manera:

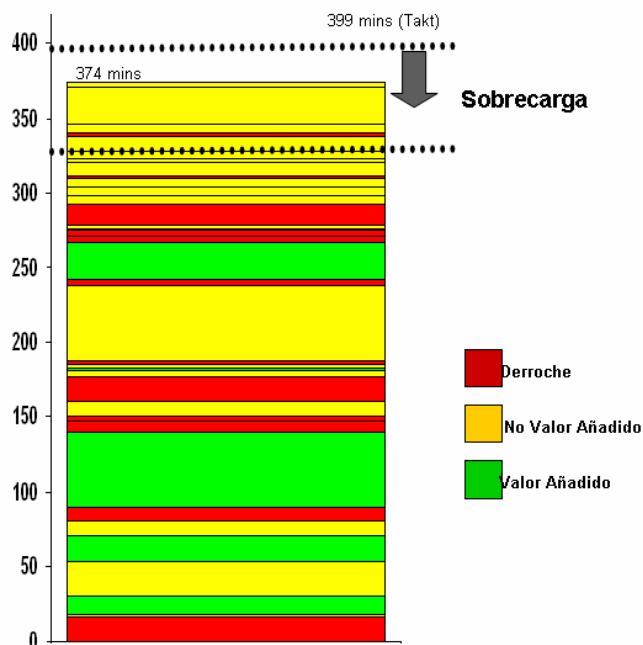


Figura 5. 11 Situación de sobrecarga

Debido a que la operación va a tener un tiempo superior al Ritmo de Producción, se va a producir una situación de **sobrecarga**. Tal como se ha visto anteriormente, el primer paso es atacar los desperdicios dentro de las tareas, por lo que se estudiará si hay posibilidades de eliminar las partes coloreadas en rojo dentro de la Instrucción de Operación Estándar. Así mismo, también pueden existir oportunidades de mejora dentro de las operaciones de no valor añadido esencial, por lo que también se deberán tener en cuenta para ser reducidas en la medida de lo posible.

Tras la aplicación de las mejoras, fruto de la optimización de las actividades que añaden desperdicio y no valor añadido al producto, la nueva situación viene reflejada por la gráfica siguiente:

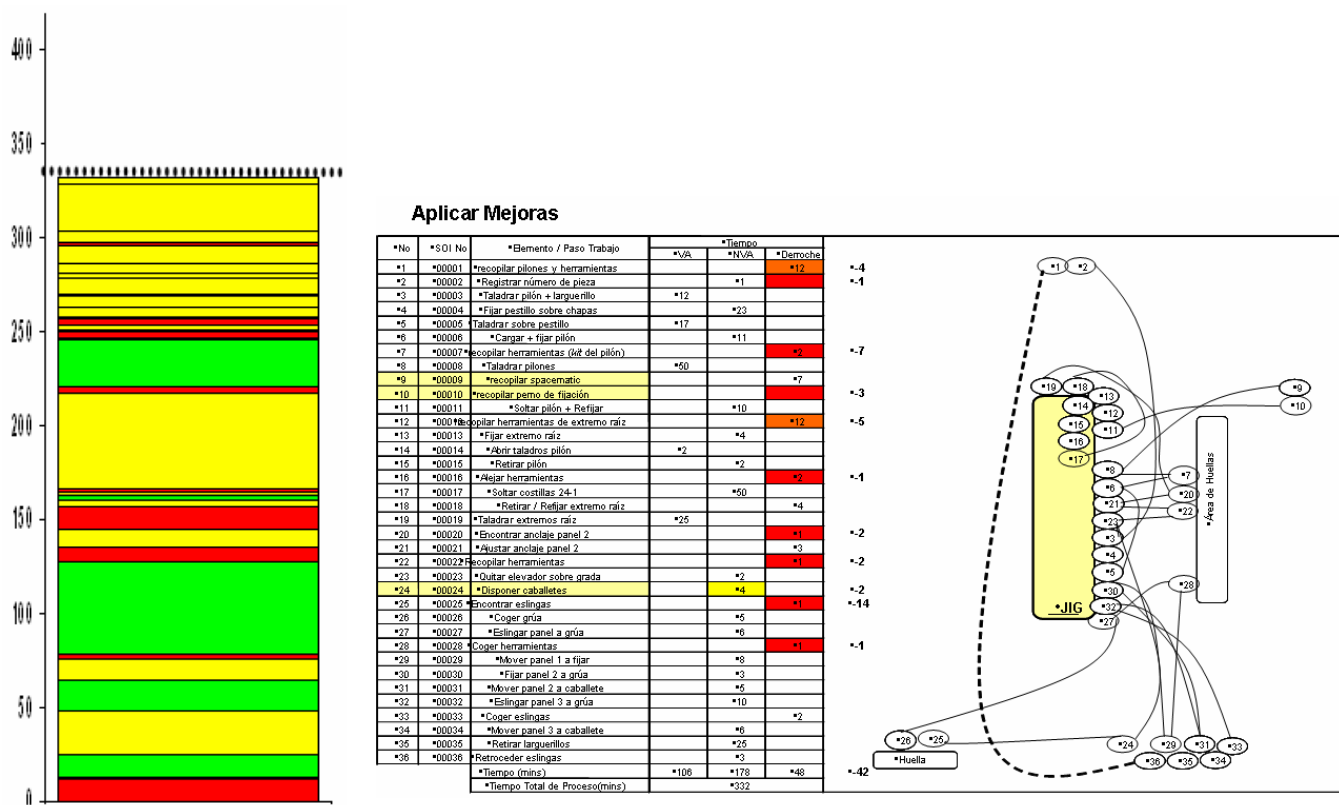


Figura 5. 12 Aplicación de las mejoras

Se aprecia que las operaciones ya se sitúan por debajo del valor del *Takt Time*, y se han obtenido una serie de importantes logros:

- Se ha mejorado la productividad en un 20 % respecto al año anterior.
- Ha disminuido el derroche en un 54 %, atacando las operaciones de no-valor añadido. Como se puede ver en el gráfico anterior, uno de éstos desperdicios lo constituyen los diferentes desplazamientos, los cuales han sido sustancialmente reducidos.
- Se ha conseguido una utilización de la capacidad del trabajador de un 99.8 %, frente al 93% de uso obtenido en el año anterior.

Y lo que es más importante; todos éstos beneficios se han logrado gracias a un estudio de las operaciones, sin necesidad de invertir en nuevas capacidad, maquinaria e instalaciones.



Capítulo 6. **SOSTENIMIENTO: MANTENIMIENTO TOTAL**

En capítulos anteriores se ha expuesto la importancia de elaborar un trabajo específico, secuencial, bien definido y entendido por los operarios. La elaboración del Trabajo Estándar ha sido costosa en tiempo y recursos. Además el personal debe ser entrenado en el nuevo método de trabajo, para que tenga éxito la implantación en el ámbito del taller de los métodos más recientes de fabricación.

Alcanzado este punto, surge una nueva necesidad: *¿cómo mantener el sistema siempre funcionando, minimizando la aparición de los errores?*

En el proceso de fabricación los operarios hacen uso de diversas herramientas, así como de diversos tipos de maquinaria. Maquinaria compleja y costosa, que puede en ocasiones originar pérdidas de capacidad si no está funcionando correctamente.

El objetivo de éste capítulo es la exposición de los conceptos y la metodología necesaria que asegure un funcionamiento robusto del sistema de fabricación, cuya fiabilidad tenga niveles de excelencia. Dada la importancia de los elementos fabricados en la planta de Getafe es vital tener un sistema productivo a prueba de errores, y un conjunto de indicadores objetivos que analicen el estado de la eficiencia de los equipos empleados en la fabricación.

Mediante el empleo de los diferentes tipos de mantenimiento no sólo se estará en disposición de atacar los problemas que surjan durante la jornada de trabajo, sino que se tendrán los conocimientos necesarios para prevenir y predecir posibles errores futuros. El cambio dejará atrás la típica postura correctiva, anclada en el pasado, para ofrecer una proactividad en la cual **todos** son responsables del buen funcionamiento de la línea, potenciando las habilidades personales y dotando al personal de taller de una formación específica para que puedan hacer frente y corregir la mayor parte de las eventualidades.

6.1 **MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL**

El objetivo de la implantación del sistema de Mantenimiento Productivo Total (**TPM**, *Total Productive Maintenance*) es la mejora de la eficiencia general del equipo de fabricación, mediante la participación de todos los empleados en el proceso de mantenimiento.

El Mantenimiento Total agrupa todo el conjunto de operaciones que se desarrollan en el entorno de fabricación que ayudan a la mejora continua y el sostenimiento de la eficiencia del equipo, denominada Eficiencia Global del Equipo (**OEE**, *Overall Equipment Efficiency*). Debido a que éste concepto de *OEE* es de vital importancia en industrias de éstas características, se verá detalladamente en el apartado 6.2 de éste mismo capítulo.

En términos generales, ésta nueva filosofía supone que el funcionamiento de los equipos puede verse mejorado si los operarios, es decir, el personal directamente involucrado en la producción, entiende correctamente el funcionamiento de las máquinas, y ayudan a su mantenimiento. No obstante, debe existir una función de apoyo a través de expertos del departamento de mantenimiento en aquellas operaciones complejas, y como método de entrenamiento del personal del taller.

Las principales características del Mantenimiento Productivo Total pueden resumirse en:

1. **Prevenir.** Es un tipo de mantenimiento orientado a la prevención: es decir, anticiparse a los errores mediante unas acciones llevadas a cabo con cierta periodicidad. El objetivo es la reducción del mantenimiento Correctivo, que es el verdadero causante de problemas durante el proceso de fabricación. En el antiguo sistema productivo, el mantenimiento Correctivo tenía un importante peso dentro de las labores de los técnicos de Airbus, y dicho mantenimiento requería de costes elevados (compra de nuevas máquinas, reparaciones frecuentes, pérdida de capacidad de la línea,...). La filosofía actual es prevenir el problema antes de que aparezca, y de este modo reducir el impacto durante la fabricación.
2. **Maximizar la eficiencia del equipo.** Éste paso se consigue, como se ha comentado con anterioridad, mediante la implicación del operario en labores de mantenimiento. El operario asignado a cada equipo es responsable de varias tareas, entre las que se deben incluir:
 - a. Programar las tareas de mantenimiento
 - b. Realizar comprobaciones del equipo diarias.
 - c. Corregir en la medida de lo posible los problemas encontrados durante la inspección, o informar de las incidencias.
 - d. Proponer soluciones paliativas frente a problemas reiterativos.

3. **Mantener y mejorar la fiabilidad del equipo.** El operario debe ser capaz de proponer soluciones para ayudar en la mejora de la seguridad, calidad, productividad y coste asociados al trabajo que desempeña.
4. Mantenimiento del equipo orientado al aprovechamiento máximo del nivel de **vida útil** del mismo.
5. **Formación.** Se puede desarrollar con éxito una formación específica de los operarios de producción, de modo que se aprovechen al máximo su destreza para maximizar en conjunto la profesionalidad de producción.
6. **Cultura de gestión.** Mediante confirmaciones periódicas, auditorías,... se establece una sólida base para mantener el nivel de eficiencia requerido, y de éste modo asegurar que el trabajo se desarrolla conforme a los estándares definidos.

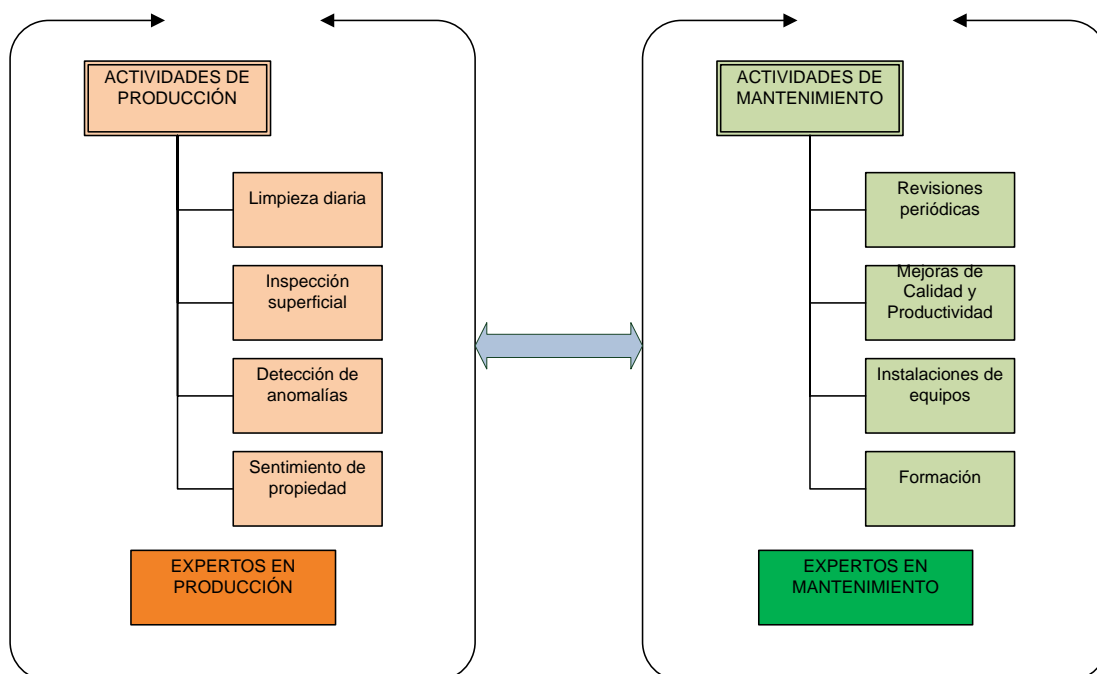


Figura 6. 1 Actividades de Producción y Mantenimiento

Como se puede observar, el Mantenimiento Productivo Total es uno de los pilares básicos sobre los que se asienta el nuevo sistema de fabricación definido por Airbus. Antes de poner en marcha una implementación a gran escala del nuevo método de fabricación, es necesario contar con un área estable y robusta, en la cual se puedan aunar los conceptos de Trabajo Estándar y solución efectiva de problemas.

Además, se debe tener en cuenta nociones de estabilidad. La estabilidad en el sistema productivo va íntimamente ligada con la fiabilidad. Y sólo puede ser alcanzada mediante la aplicación de un Trabajo Estándar, que reducirá al mínimo la variabilidad dentro de los procesos y sentará las bases para la Mejora Continua de los mismos.

6.1.1 Mantenimiento Eficaz

El Mantenimiento Productivo Total abarca una dimensión global del proceso de fabricación, y sus objetivos son ambiciosos. En este apartado se ofrecerá una primera toma de contacto con su estructura, a través del Mantenimiento Eficaz.

El Mantenimiento Eficaz pretende mostrar una aproximación directa y sencilla de cómo debe ser la correcta gestión del proceso productivo. El objetivo del Mantenimiento Eficaz es simple: “**conseguir CERO averías**”. Para llegar a éste destino se debe seguir un método específico, y crear un sentimiento de responsabilidad en el personal directo de producción hacia la consecución de éste fin, capaz de desestabilizar por sí mismo la cadena productiva.

Antes de enunciar los pasos necesarios para la implantación del Mantenimiento Productivo Total, se van a dar unas nociones básicas de los módulos que integran el Mantenimiento Eficaz.

El Mantenimiento Eficaz está formado por cinco pilares básicos:

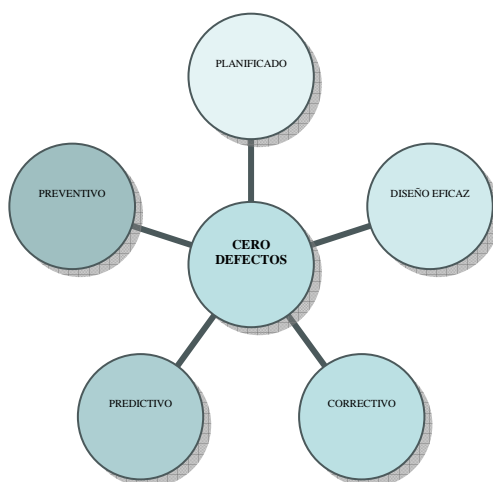


Figura 6. 2 Los pilares del Mantenimiento Eficaz

A continuación se exponen brevemente cada uno de los cinco módulos que lo integran:

1. **Mantenimiento Planificado.** Son aquellas actividades que se diseñan basándose en cálculos sobre el tiempo y el uso de la maquinaria, pero excluyendo el rendimiento actual de las máquinas y equipos.
2. **Mantenimiento Preventivo.** Mediante éste tipo de mantenimiento se logra una eliminación de errores, gracias a un cuidado regular y programado sobre los equipos, valiéndose además de un diagnóstico precoz para atacar con la mayor brevedad posible las eventualidades que puedan surgir.

3. **Mantenimiento Predictivo.** Por definición, sería el objetivo final de todo plan de mantenimiento. Se basa en la utilización de un conjunto de datos históricos y técnicas estadísticas para pronosticar, y por tanto prevenir un fallo antes de que aparezca. Es el mantenimiento más difícil de conseguir, y el menos implantado en la industria. Por este motivo, sólo sentando unas sólidas bases en el resto de mantenimientos se pueden alcanzar las técnicas predictivas.

4. **Mantenimiento Correctivo.** Intenta minimizar el impacto que provoca una avería en el proceso: es decir, pretende reducir en la medida de lo posible el tiempo perdido debido a averías mientras que a su vez se eliminan las causas raíces mediante reparaciones sostenibles.

5. **Diseño eficaz del equipo.** Los equipos de fabricación deben ser concebidos de modo que busquen una meta común: aumentar la disponibilidad y minimizar el coste de ciclo de vida. En otras palabras: *“que el equipo esté disponible siempre que sea necesario, con el menor número de paradas”*.

Los módulos se analizarán con detalle a lo largo de éste capítulo del proyecto, ya que la estructura que muestra el Mantenimiento Eficaz está íntimamente ligada con los objetivos definidos en el Mantenimiento Productivo Total.

6.1.1.1 Beneficios: las Seis Grandes Pérdidas

Uno de los aspectos cruciales en el nuevo mantenimiento es la maximización de la Eficiencia Global del Equipo, **OEE**. En la eficiencia del equipo intervienen de manera directa o indirecta, conceptos tales como disponibilidad, productividad y calidad de lo que se produce. Es decir, a través de la mejora de alguno de éstos elementos se puede contribuir a la mejora global del sistema.

Todas las posibles contribuciones a la disminución de la efectividad global del equipo se agrupan bajo las llamadas **“Seis Grandes Pérdidas”**.

1. **Averías.** Actúan directamente sobre la disponibilidad del equipo, haciendo que incluso sea necesario parar la línea en función de su gravedad.
2. **Ajustes y puestas a punto.** Durante el proceso pueden surgir pequeñas desviaciones respecto al óptimo, que pueden hacer que sea necesario una nueva calibración del equipo o modificación de algún parámetro.
3. **Esperas y pequeñas paradas.** Algunos equipos son de uso compartido, por lo cual se pueden producir retrasos debido a que no hay una gestión eficaz de los mismos por parte de todas las personas que acceden a ellos. Asimismo, cobran especial importancia las microparadas existentes, que aunque no paran la línea, sí pueden provocar importantes retrasos y desconciertos debido a su alta repetitividad.

4. **Velocidad reducida.** Éste es uno de los conceptos que afectan directamente a la productividad. No sólo es necesario que la máquina no se pare y que ofrezca una buena calidad en los elementos producidos: además su cadencia debe ser la adecuada, para no producir irregularidades en el proceso.
5. **Inicialización.** Cuando se ponen en marcha equipos, es decir, se arrancan desde cero, normalmente pasa un tiempo hasta que los sistemas se inicializan y están disponibles para producir con normalidad. Éste tiempo debe de ser considerado en el diseño, debido a que en cambios frecuentes de modelo puede suponer una variación significativa del tiempo disponible.
6. **Defectos en calidad y retrabajos.** Un trabajo defectuoso supone una pérdida de tiempo en el proceso, pudiendo además afectar de manera negativa a las etapas posteriores.

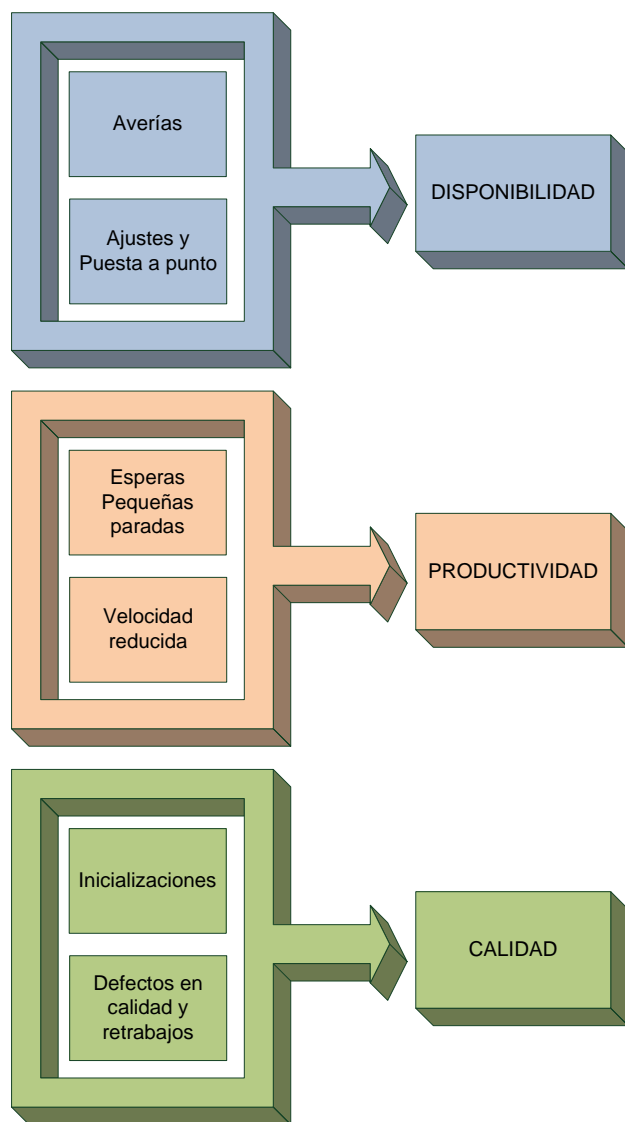


Figura 6. 3 Las Seis Grandes Pérdidas

6.1.2 Estructura del TPM

Alcanzar un nivel óptimo a la hora de la implantación del Mantenimiento Total Productivo es una tarea compleja, que rompe con las directrices del pasado. En el cambio de filosofía de Airbus, la anticipación de errores es la clave para alcanzar una ventaja competitiva en el ámbito del taller.

El Mantenimiento Productivo Total se apoya en tres pilares fundamentales:



Figura 6. 4 Mantenimiento Productivo Total

Bajo estos tres pilares subyace una idea: **involucrar al personal de producción en el mantenimiento.**

Tradicionalmente, la mayor parte del mantenimiento que se daba en el taller correspondía a un mantenimiento **Correctivo**, en el cual sólo se actuaba ante el fallo de un equipo. Este tipo de mantenimiento corresponde a una posición **reactiva**: sólo se actúa cuando surge un problema. La visión actual es completamente diferente: se va a adoptar una postura **proactiva**, en la cual se trabajará para evitar dicho problema, y de este modo minimizar el impacto en la cadena productiva. Éste cambio determinará el éxito de la implantación, ya que todo el personal será responsable, y no sólo un departamento, de asegurar que los equipos están disponibles cuando se les necesitan, y cumplen con los objetivos de productividad y calidad definidos. Para ello, es necesario pasar antes por un estado intermedio, que es el mantenimiento **Planificado**, el cual establece una dinámica de ejercicios de revisión para comprobar el estado de los equipos, y ver la evolución de diversos parámetros que ayudarán a prever el estado futuro de los mismos.

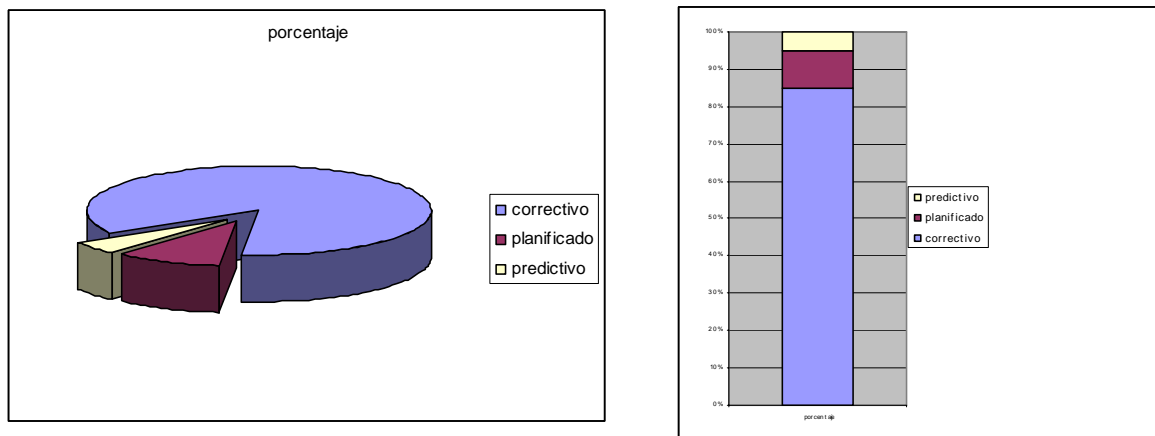


Figura 6.5 Tasas de Mantenimiento en la fábrica

A continuación se muestran algunas características de éstos tres tipos de mantenimiento.

1. Mantenimiento Reactivo.

- *Apaga-fuegos.* El personal del departamento de mantenimiento se dedica a resolver los problemas que van surgiendo a lo largo del día. Es una mera sucesión de errores y averías que se reparan sin información acerca del proceso, ni estableciendo un análisis de causa/efecto del problema.
- *Problemas repetitivos.* Al no tener otra información adicional, el problema puede continuar en el tiempo. Un tipo especial de éste problema surge en aquellas pequeñas microparadas (inferiores a 10 min.), las cuales son características de estos sistemas de producción. Debido a que por lo general, el departamento de mantenimiento no tiene constancia de ellas (se quedan en el ámbito de producción), es difícil tener un control, y se les resta importancia.
- *Organización deficiente.* Debido a que tradicionalmente el departamento de producción y el de mantenimiento han estado separados, no hay una realimentación de problemas ni soluciones entre ambos. Ésta falta de comunicación se traduce en que no todas las personas de mantenimiento entienden los problemas reales de producción, ni saben a su vez proponer soluciones que se adecuen a los problemas del taller.
- *Elevados inventarios de material indirecto.* Muchas compañías tienden a conservar grandes inventarios de máquinas herramienta y repuestos para las mismas, para tener una solución en caso de fallo. En fábricas con gran variedad y número de herramientas, el coste de la gestión de este inventario es muy elevado, y en ocasiones las piezas pueden quedarse obsoletas o inservibles.

- *Velocidad de producción reducida.* Debido a las características del mantenimiento Reactivo, los problemas no son predecibles, y pueden darse en el peor momento posible. Si no se cuenta con equipos de reserva, o el equipo es crítico, el problema puede acarrear una pérdida de velocidad de producción, y ocasionar una parada de la línea. Además, se debe tener en cuenta que dependiendo de la gravedad de la avería, el personal de mantenimiento puede tardar un tiempo indeterminado en arreglarla, lo cual repercute en el sistema.
- *Coste del mantenimiento elevado.* A modo de resumen de lo anterior, si se tiene en cuenta la pérdida de tiempo debido a las averías, la disminución de productividad y calidad debido al uso de equipos que no funcionan conforme a sus características y el volumen del inventario, es lógico admitir que el coste del mantenimiento Reactivo puede ser muy elevado.

2. Mantenimiento Planificado

- *Reducción de tiempos muertos.* Debido a que éste mantenimiento tienen en cuenta varios factores a la hora de la producción, durante el análisis de las operaciones se pueden estudiar los tiempos muertos causados por inicializaciones, cambios de modelo, etc., y proponer ideas para tratarlos adecuadamente.
- *Mejora de la Organización.* Los operarios que trabajan directamente con las máquinas y herramientas pueden usar su experiencia y habilidades para detectar y prever posibles fallos en los mismos. De éste modo se puede actuar sobre un problema antes de que se agrave y cause una situación de parada. Además hay un dato importante: por norma general, hay más operarios de producción que personal directo de mantenimiento, por lo que se deben distinguir tareas:
 - El personal de producción puede realizar tareas sencillas de inspección, como revisión de fluidos hidráulicos, presión de equipos mediante manómetros,...
 - El personal de mantenimiento debe operar sobre tareas técnicas, como reparación y puesta a punto de quipos, cambio de componentes, implementación de mejoras,...
- *Potenciación de habilidades de resolución de problemas.* Fruto de la colaboración entre personal de producción y mantenimiento, se pueden proponer planes de actuación que aúnen ideas de ambos, y crear grupos reducidos de trabajo para solucionar problemas comunes en el taller. Esto a su vez se traduce en una mejora moral del equipo: si los trabajadores ven que sus elementos son reparados rápidamente, y cada vez sufren menos averías, aumenta la sensación de bienestar en la línea de producción.
- *Priorización del mantenimiento repetitivo.* Debido a que éste tipo de problemas son los más comunes, y de los que menos información se tiene, es vital tener equipos multidisciplinares que ayuden a corregir dichos

problemas. Una buena aproximación es intentar estimar la frecuencia de los problemas, y cuantificar el coste que suponen en un periodo de tiempo, para poder tener una idea de su importancia.

- *Reducción de inventarios indirectos.* Es necesario identificar cuáles son las piezas críticas de los equipos, y conocer cuál es el periodo de reparación y reposición de los elementos que constituyen las máquinas. Como se ha comentado anteriormente, tener un inventario de todas las piezas que forman los equipos es inviable, de modo que se debe evaluar el coste de tener un stock de piezas críticas, y el coste de espera que tendría la adquisición de repuestos a través de un proveedor externo.
- *Clasificación de los equipos.* No todos los equipos de producción tienen la misma relevancia en el proceso. Un método de clasificación de los equipos, que a su vez puede servir para la priorización de las actividades sobre los mismos, puede ser el siguiente:
 - Máquinas que en caso de sufrir avería no pueden producir un elemento. Ejemplos de éste tipo pueden ser el sistema de posicionado de los estabilizadores sobre el útil, fallo en el sistema de medición por láser, etc. La prioridad en la detección y corrección de errores debe de ser máxima, para poder garantizar la productividad.
 - Máquinas que en caso de avería pueden ser sustituidas por otras similares en el proceso productivo, las cuales pueden desarrollar un porcentaje elevado de actividades sobre el elemento. Un ejemplo pueden ser herramientas polivalentes, que pueden desarrollar operaciones sobre las piezas, pero posteriormente se les deben realizar tareas adicionales para tener el producto completamente terminado. Otro ejemplo puede ser la existencia de herramientas manuales que los operarios puedan manejar para suplir los defectos en aquellas automáticas durante el proceso.
 - Máquinas que en caso de avería no repercuten en seguridad, calidad o coste. Son las máquinas menos prioritarias cuando surgen averías, ya que debido a su naturaleza pueden ser reemplazadas o reparadas sin que ello suponga graves inconvenientes.

3. Mantenimiento Proactivo

En el último estado de mantenimiento, se pueden obtener mejoras sustanciales, tales como:

- Ratios de Operatividad mejorados, así como aumento del nivel de calidad.
- Rápida identificación de los problemas, y contramedidas eficientes.
- Mejor utilización de la mano de obra, la cual cumple un papel fundamental en el mantenimiento. Esto conlleva la implantación del Mantenimiento Autónomo, el cual se estudiará en detalle en los siguientes apartados.

- Reducción de los incidentes de seguridad y medioambientales en el área de trabajo.
- Mejora Continua en los equipos, con la participación de diversos departamentos. El objetivo no es que desaparezca el departamento de mantenimiento, sino que se reduzca la tasa de mantenimiento Correctivo. En general, y basándose en la experiencia de empresas modelo, un buen departamento de mantenimiento debe trabajar un 80% de su tiempo sobre el mantenimiento Planificado, Mejora Continua,... y solamente un 20% sobre mantenimiento Reactivo.
- Los costes de mantenimiento se reducen al mínimo: se actúa poco de manera correctiva, y la gran mayoría de las operaciones están programadas en el tiempo. No hay lugar para las sorpresas, y gran parte de las averías pueden ser predecidas, sin que ello impacte significativamente en la producción.

6.1.3 El Mantenimiento Autónomo

La implantación del Mantenimiento Autónomo en el área de producción busca un enfoque lógico: **desarrollar las destrezas del operario para poder prevenir y corregir errores menores en los equipos de producción**. Además, de ésta manera se garantiza una respuesta rápida, ya que el mismo operario tiene capacidad de actuación en cuanto advierte el fallo “in situ”, eliminando la necesidad de tener que avisar al personal de mantenimiento para corregir lo que en ocasiones son pequeños problemas.

El objetivo del Mantenimiento Autónomo es que en el operario surjan sentimientos de responsabilidad y propiedad sobre los equipos que él mismo maneja, y que son vitales para la ejecución de sus tareas diarias. Aunque parezca un aspecto obvio, no todo el personal de producción está concienciado de la importancia de éste punto, ya que se prefiere mandar a reparar o sustituir directamente equipos y herramientas defectuosos antes que preocuparse periódicamente de su rendimiento.

La implantación del Mantenimiento Autónomo en un área de trabajo es por norma general complicada, debido a que, entre otras cosas, se deben romper con barreras psicológicas, ya que para los operarios es una nueva forma de entender y responsabilizarse sobre cómo realizan su trabajo, y cómo son los equipos que emplean. Debido a esto, en las fases iniciales de la implantación se debe contar con el apoyo del departamento de mantenimiento, que es aquel que conoce las averías y la forma de corregirlas.

La priorización de actividades en el Mantenimiento Autónomo es clave: no todos los equipos tienen la misma importancia dentro del proceso productivo, por lo cual el operario sólo debería comenzar a estudiar aquellos cuya eficiencia en ese momento sea reducida, y tenga posibilidad de anticiparse a un problema. El operario es un factor importante, relacionado directamente con las máquinas y equipos: fruto de su experiencia, aporta información valiosa, y puede anticiparse a problemas futuros. Además, puede relacionar la herramienta con el proceso productivo directamente (tiene

una visión global), y proponer mejoras en cuanto a la utilización de las máquinas para el desempeño de sus funciones (por ejemplo, máquinas con mayor par de apriete para romper tuercas, máquinas de taladrado con un número de revoluciones diferentes, sensores de presión en los útiles de posicionado de los estabilizadores,...).

Visto lo anterior, a continuación se presentará un esquema para la implantación con éxito del Mantenimiento Autónomo en el área de producción. La esencia de éste esquema es involucrar al mayor número de personal en el funcionamiento e inspección de los equipos necesarios para la producción, para lo cual es vital una formación y un seguimiento de los estándares necesarios para asegurar la calidad, disponibilidad y productividad que ayuden a minimizar el impacto de los errores en la producción diaria.

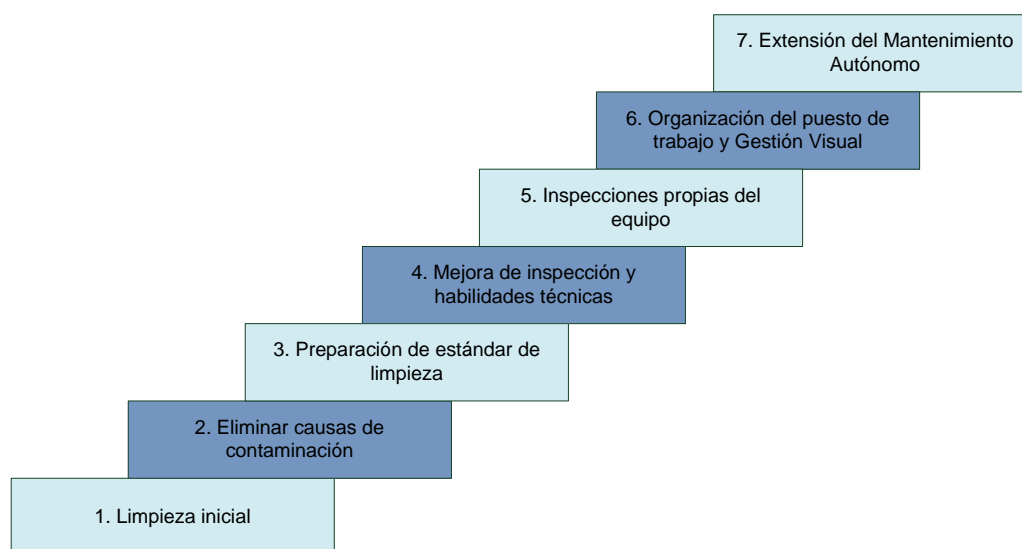


Figura 6. 6 Implantación del Mantenimiento Autónomo

Los siete pasos para una implantación del Mantenimiento Autónomo se describen a continuación.

1. Limpieza inicial

Éste primer paso implica ordenar y eliminar del área de trabajo todo aquello que no sea necesario, dejando en el mismo sólo lo imprescindible. De esta manera se pueden detectar fallos que antes pasaban desapercibidos, a la vez que se crea una disciplina de gestión del puesto de trabajo propio entre los operarios.

Por ejemplo, durante la ejecución de la limpieza, un trabajador observa una mancha de aceite hidráulico alrededor de un equipo. Debido a la suciedad acumulada en el tiempo, dicha mancha se camuflaba, pero tras la limpieza inicial ha salido a la luz, como muestra la figura 6.7.



Figura 6. 7 Suciedad acumulada

La primera pregunta que se formularía es cómo ha surgido esa mancha, y si hay escapes que puedan repercutir en el fallo del equipo. Acto seguido, pensará en cómo actuar ante el problema: ¿averiguará él sólo la causa?, ¿llamará al personal de mantenimiento?.

2. Eliminación de causas de contaminación.

En este paso se intentará identificar el problema, y discernir en una primera aproximación cuál podría ser la causa raíz. El abanico de posibilidades es amplio: aparición de fugas, restos de virutas, holgura en los juegos de las máquinas herramientas...Conviene no descartar en este punto ninguna teoría, sino ofrecer el conjunto de posibles alternativas para luego pasar a su evaluación.

3. Preparación de estándares de limpieza

Ahora se trata de establecer una planificación para una limpieza regular de los equipos, evitando de este modo la acumulación de suciedad, y favoreciendo la identificación de errores.

Mediante ésta técnica, se le empieza a otorgar mayor responsabilidad al operario, que será el encargado de realizar las labores de limpieza e inspección. Primero se le asignarán tareas simples, ubicadas en zonas seguras y de fácil acceso a los equipos. El objetivo no es que el operario comience a reparar errores, sino que vaya comprendiendo el proceso poco a poco, y la relación de los equipos y herramientas con el entorno de producción

4. Mejora de la inspección y habilidades técnicas.

Para abordar este nuevo paso, el elemento clave es la formación. En este punto, se debe abordar lo expuesto en el paso anterior, y expandirlo a todos los elementos de la fábrica. Mediante la ayuda de personal especializado, el operario aprenderá y desarrollará sus habilidades con los equipos, y se creará un método para chequear con

frecuencia el trabajo de Mantenimiento Autónomo por parte del personal de producción. Se debe evitar el sentimiento de *“hacer el trabajo que no les corresponde”*, tanto por parte de producción como por parte de mantenimiento. Ambos departamentos pueden centrar sus esfuerzos en resolver un problema determinado, pero no necesariamente seguir los mismos caminos.

Para facilitar las labores de Mantenimiento Autónomo en el área de producción, se pueden implementar sistemas denominados *“a prueba de errores”* donde sea posible. Cables de colores, conectores que sólo puedan ser unidos de una forma unívoca, alertas visuales y sonoras,... son algunos ejemplos de estos elementos.

5. Inspecciones propias del equipo

Alcanzado este punto, las tareas de mantenimiento van a ser una práctica habitual en el entorno de trabajo. Los operarios, llegados a este nivel, ya están familiarizados con las inspecciones básicas de los equipos. Se debe tener control sobre las tareas por parte de una persona como el Jefe de Equipo, que compruebe que las operaciones son realizadas con la frecuencia necesaria.

Los problemas relevantes, no obstante, se deben escalar al departamento de mantenimiento, para que pueda enviar una respuesta acorde con la gravedad de los mismos. Se debe crear un control visual para registrar el estado y evolución de los problemas que puedan ocurrir durante la jornada laboral.

6. Organización del lugar de trabajo y gestión visual

La fase siguiente es la estandarización del método necesario para ejecutar y llevar un control sobre las actividades que involucren al Mantenimiento Autónomo.

En el caso de la línea de producción del A-320, se procedió a la implantación de un panel específico, el cual aúna todos los elementos necesarios para la implantación del TPM, como muestra la figura 6.8.

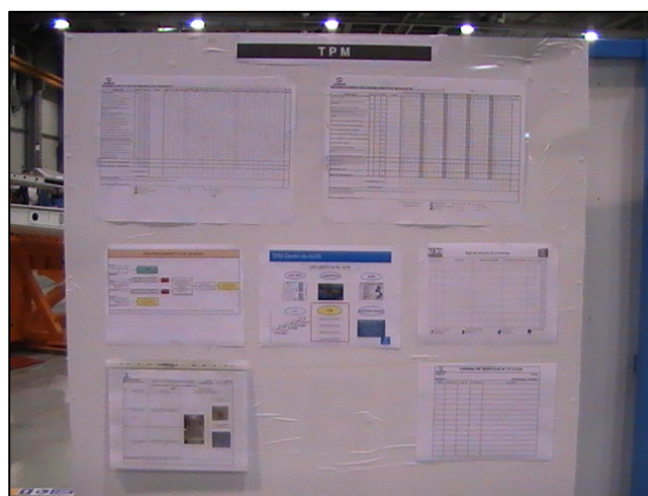


Figura 6. 8 Panel del TPM

En el panel se observan los siguientes documentos:

- *Planes Mensuales y Semanales.*

En éstos documentos en formato A3 se muestran las instrucciones que deben ser realizadas, y la frecuencia de las mismas. Los operarios, cuando las realizan y no observan problemas en la máquina, rellenan el día en color verde; en caso de ocurrir problemas, se indica de color rojo.

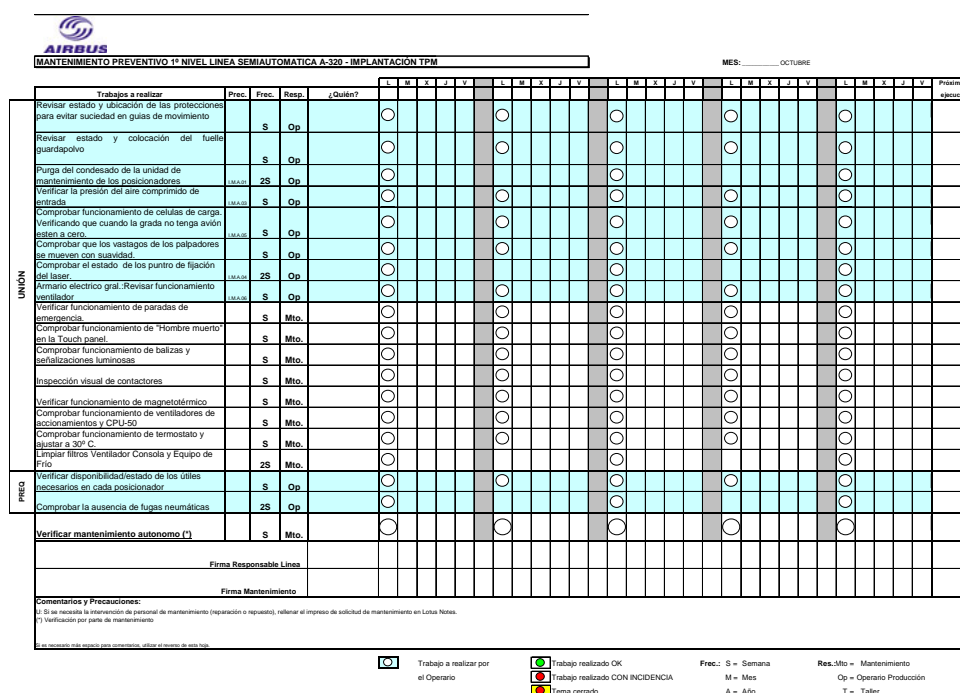


Figura 6. 9 Planificación de actividades del TPM

- *Instrucciones de Mantenimiento Autónomo*

Para ayudar a la ejecución de las tareas de mantenimiento, se elaboran una serie de instrucciones, en las cuales se detallan las operaciones necesarias para realizar una operación de inspección en el equipo. Los operarios que ejecuten por primera vez una instrucción, o tengan dudas, pueden extraer la hoja del panel, y llevarla consigo para ejecutar las tareas.

Ref. Plan Mantenimiento		Instrucción de Mantenimiento Autonomo		Localización: General	Hoja 1 de 1
Equipos: Línea Simulador A320		Verificar nivel de aceite hidráulico del banco FLO		I.M.A. 03	
No	Operación principal	Observaciones	Descripción / Ejemplos / Diagramas		
1	Ubicación banco hidráulico FLO	Levantar la cubierta superior del banco para poder inspeccionar visualmente el nivel.			
2	Inspección Visual del nivel de aceite Hidráulico	Comprobar que el nivel de aceite hidráulico se encuentra por encima de la marca roja.			

RECOMENDACIONES: (P.P.L., Mantenedores, Operarios o herramientas necesarias, etc.)

Figura 6. 10 Instrucciones de Mantenimiento Autónomo

▪ *Hoja de resolución de problemas.*

En ésta hoja, los operarios anotan el fallo (indicado en rojo sobre los planes mensuales y semanales) detectado durante la revisión, y la acción (si procede) que consideran oportuna para subsanar el error. Los encargados del departamento de mantenimiento deben prestar especial atención a ésta hoja, ya que en ella vienen reflejados los problemas asociados a las inspecciones por parte de los operarios.

Hoja de solución de problemas

Fecha	Quién	Problema	Solución temporal	Solución permanente	Quién	Cuándo	Estado
							⊕
							⊕
							⊕
							⊕
							⊕
							⊕
							⊕
							⊕
							⊕
							⊕

Owner for Item Identified
 Required Actions Identified
 Actions in Progress
 Item Closed

Figura 6. 11 Hoja de resolución de problemas

▪ *Hoja de propuestas de Mejora.*

Para incentivar y aprovechar las habilidades y experiencia de los operarios, se habilita una hoja en la cual pueden escribir ideas que ayuden a mejorar algún aspecto de seguridad, disponibilidad o calidad de los equipos. Mientras que algunas de éstas propuestas pueden ser de rápida aplicación; otras sin embargo, pueden requerir la compra de materiales o realización de estudios específicos, tales como sistemas avanzados de regulación de aspiración, mejora de redes de conexión de datos entre elementos del taller,...

ÁREA MANTENIMIENTO

PROPUESTAS DE MEJORA TPM

**RESPECTO A LOS CAMBIOS PRODUCIDOS,
¿CUALES CONSIDERAS POSITIVOS Y NEGATIVOS?**

POSITIVOS	NEGATIVOS

Figura 6. 12 Hoja de propuesta de Mejoras

■ *Indicadores Mensuales.*

En ésta hoja, también en formato A-3, se debe exponer la información relevante en cuanto a las máquinas y equipos de la planta. Datos relativos a las horas de máquina parada, horas invertidas en Mantenimiento Autónomo y Preventivo, eficiencia global del equipo.... Estos datos reflejan cuál es la situación mes a mes de los principales parámetros dentro del mantenimiento, a la vez que pone de manifiesto la evolución a lo largo del tiempo de cada uno de los equipos.

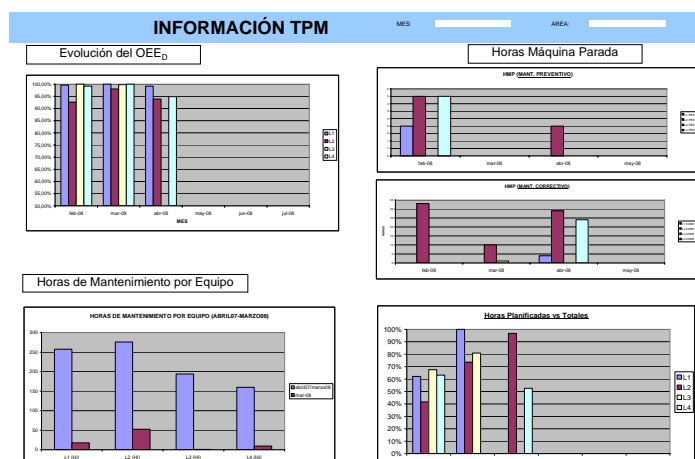


Figura 6. 13 Indicadores Mensuales

▪ *Procedimiento de trabajo.*

En éste documento se recoge el procedimiento para rellenar de manera eficaz toda la documentación presente en el panel, y cómo actuar ante posibles eventualidades. Opcionalmente, la hoja puede contener nombres y números de teléfono del personal de mantenimiento, para que en caso de avería crítica puedan ser avisados con la mayor rapidez posible.

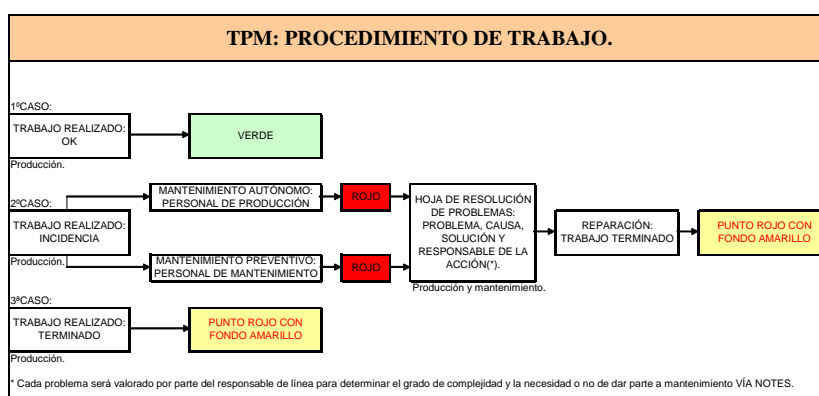


Figura 6. 14 Procedimiento de Trabajo

7. Extensión del Mantenimiento Autónomo

Existen diversos métodos para completar y mantener en el tiempo un buen programa de Mantenimiento Autónomo. Uno de los puntos clave es la formación continua de los operarios. Mediante ésta formación, además de ser instruidos en nuevas técnicas y habilidades de trabajo con los equipos, pueden aprender de las propias averías, y ser capaces ellos mismos de solucionarlas de modo parcial o total. Al mismo tiempo, fomentar las habilidades entre los departamentos de mantenimiento y producción es un hecho positivo de cara a mejorar el funcionamiento de los equipos, y reducir los costes.

En resumen, los siete pasos expuestos corresponden al establecimiento de un estándar dentro del área de trabajo, y puede sentar las bases para la optimización de los recursos que la empresa dispone. La creación de una mano de obra eficiente se basa en los principios siguientes:

- Limpieza es inspección
- Inspección es detección
- Detección es corrección
- Corrección es perfección

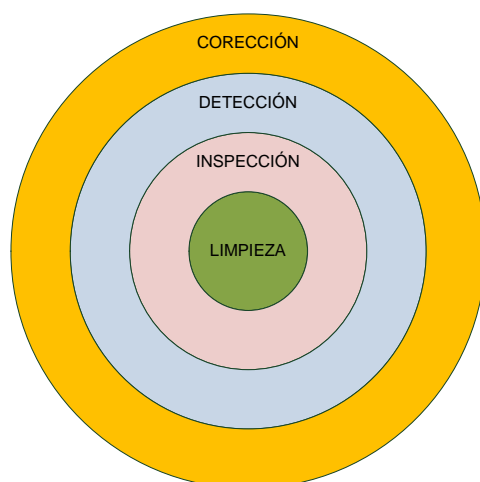


Figura 6. 15 Eficiencia del Mantenimiento Autónomo

6.1.3.1 Comportamiento y Liderazgo

En el Mantenimiento Autónomo la correcta elaboración y ejecución de los planes e instrucciones es un paso vital para asegurar una alta disponibilidad de los equipos, a la vez que aumenta el nivel de seguridad en el área y el nivel de calidad exigido por los estándares.

La labor del Jefe de Equipo (*Team Leader*) es asegurar, entre otras cosas, el correcto funcionamiento del Mantenimiento Autónomo. Dado que éste ejercicio comprende diversos trabajos (inspección, corrección, reflejar datos en paneles,...), a continuación se exponen una serie de pasos para estructurar el proceso de confirmación del Mantenimiento Autónomo.

Paso 1. Confirmar que existe la documentación necesaria en el panel para realizar el mantenimiento: planes de mantenimiento, hojas de instrucciones, hojas de resolución de problemas,...

Paso 2. Ir a los equipos sobre los que se va a aplicar el mantenimiento, y observar el estado general de los mismos. Prestar atención a parámetros tales como su disponibilidad, relación con el entorno de trabajo en cuestiones de seguridad, dificultad de manejo e inspección,...

Paso 3. Acordar con los operarios cuándo tendrá lugar y cuánto durarán las inspecciones de manteniendo, cuáles serán los equipos a revisar y quiénes serán los encargados de hacerlo.

Paso 4. Establecer reuniones periódicas en el área de trabajo entre los departamentos de producción y mantenimiento para llevar a cabo la resolución de los problemas recogidos en las hojas del panel.

Paso 5. Actualizar las instrucciones y planes de mantenimiento con ideas y sugerencias recogidas durante las reuniones de resolución de problemas, o donde tengan especial relevancia cuestiones sobre seguridad y calidad. Además, es importante asegurar que todos los operarios trabajan conforme a éstas instrucciones, y son conscientes de las mejoras que se van introduciendo en los planes de mantenimiento.

Paso 6. Actuar de manera diferenciada ante la gravedad o el riesgo de equipos nuevos, y certificar que se da formación sobre las nuevas funciones de las máquinas.

Paso 7. Motivar al personal de producción para que desempeñe su trabajo de forma eficaz, y elaboren nuevas ideas y propuestas de mejora. El objetivo es que el operario sienta responsabilidad y competencia por sus equipos y herramientas, e intervenga en el mantenimiento de forma que maximice la eficiencia global del equipo.

6.1.4 La Implantación del Mantenimiento Productivo Total

El Mantenimiento Autónomo tratado en el punto anterior es sólo uno de los módulos bajo el programa del Mantenimiento Productivo Total. En el Mantenimiento Autónomo se han abordado aspectos como la inspección y pequeñas correcciones de los defectos que surgen en los equipos, sin indagar de manera determinante en métodos de resolución de problemas, diseño de planes maestros de actuación,...

En este apartado se van a sentar las bases para la implantación y consolidación de un plan de Mantenimiento Total, para el cual se emplearán en parte los conocimientos adquiridos en el Mantenimiento Autónomo, pero escalados a un nivel superior, donde el propio personal de mantenimiento tiene una importancia relevante en cuestiones de análisis y resolución de problemas.

A modo de esquema general, las fases para la implementación del plan de Mantenimiento Productivo Total son las siguientes:



1 PREPARACION

- Para el desarrollo de un programa eficaz de Mantenimiento Total es necesario, en primer lugar, disponer de información sobre los elementos del taller. Debido a que en el área de trabajo hay multitud de equipos y maquinaria, es necesario definir cuáles serán los equipos críticos, para centrar el objeto del estudio en ellos. Por equipos críticos se entiende aquellos que están más predispuestos a los fallos y averías, o aquellos que pueden provocar un mayor impacto en la línea de producción en caso de rotura o parada.
- Posteriormente a su definición, se deben elaborar una serie de indicadores específicos que midan el estado y rendimiento de los equipos. Dichos indicadores deben ser actualizados periódicamente, y presentados de una manera visual, clara y concisa, para que de un vistazo rápido un operador pueda hacerse una idea de cómo es la evolución de los principales parámetros de los equipos.
- El siguiente paso es la toma de datos y el contraste de información. Mediante la toma de datos con las hojas como las que se adjuntan en la figura 6.16 se puede comprobar cuál es la máquina averiada, la frecuencia de sus averías y su duración. Es importante el contraste de datos entre los operarios y el personal de mantenimiento, porque desafortunadamente no todos los fallos que se producen en la línea se reportan a mantenimiento. Muchos de ellos se solucionan mediante la aplicación de alguna técnica por parte del personal del taller, y no se informa a mantenimiento para que lleve un registro fiable de la avería.

AIRBUS		CADENA DE MONTAJE H.T.P A-320					
LÍNEA Nº				T.P.M.			
SEMANA: 3				Seguimiento Paradas Máquina			
Fecha	Hra. Inicio	Hra. Fin	Nº Operador	Descripción			

Figura 6. 16 Hoja de toma de datos

2 DIAGNOSIS

- Una vez recogidos los datos referentes a paradas, microparadas, etc., se deben ordenar y clasificar para tener una noción básica de cuál es la situación actual de la línea de producción. Además, éste ejercicio sirve también para hacer comparaciones entre diversas líneas, y ver la robustez de los procesos.
- Tras la recogida selectiva de los problemas, se debe hacer un análisis de los mismos. Para ello se pueden aplicar diversas técnicas, en función del grado de dificultad e impacto del problema en la producción. Por mencionar algunas técnicas, existen los 5 Por Qué's, histogramas, análisis de causa raíz, diagramas de flujo,...
- Definición de objetivos que se pretenden con el plan de Mantenimiento Total. Aquí se deben especificar cuáles serán los equipos sobre los que se va a actuar, y el alcance de las revisiones/reparaciones por parte de cada departamento (estarán involucrados tanto los departamentos de producción como de mantenimiento). Deben definirse, asimismo, los plazos de actuación para la implementación de los diversos niveles de mantenimiento.

3 DISEÑO

- Preparación del Plan Maestro de Implementación. En este paso, se debe seleccionar un área específica para la puesta en funcionamiento del Mantenimiento Total. En el caso del A-320, se eligió una de las líneas paralelas, denominada *Línea Piloto*, con los equipos críticos que debían ser revisados.
- A continuación se escoge al grupo de trabajo encargado de llevar a cabo las instrucciones de mantenimiento, y se definen los responsables de la implantación, tanto por parte de producción como de mantenimiento. Se presenta el plan al grupo completo, y se les dota a los operarios de la formación necesaria para llevar a cabo las nuevas tareas de inspección.
- Se hace un primer lanzamiento, a modo de prueba, para la definición y comprobación de los siguientes elementos:
 - Acciones y propuestas para la mejora de la eficiencia
 - Programas para el Mantenimiento Autónomo y Preventivo, por parte de los operarios.
 - Complementos formativos necesarios y opcionales para el personal del taller y de mantenimiento para mejorar capacidades.
 - Esbozo del mantenimiento Predictivo.
 - Acciones y propuestas de mejora en temas de mantenimiento Correctivo por parte de los operarios del taller.

4 IMPLANTACIÓN

- El primer paso a seguir dentro de ésta fase es la consolidación de un panel informativo para las actividades relativas al TPM. En el panel, además de colocar la documentación necesaria para la realización del Mantenimiento Autónomo (planificación mensual, hoja acciones correctoras, propuestas de mejora,...) se deben incluir diversos indicadores de estado global del TPM, así como gráficos de evolución de los principales parámetros a lo largo de la implantación.
- Posteriormente se pueden seguir desarrollando planes de actuación para la implementación de los mantenimientos Preventivos y Predictivos.
- Se debe informar periódicamente sobre cursos de formación y renovación, prestando especial atención a las habilidades y destrezas de los operarios recogidas de la fase de implantación del Mantenimiento Autónomo.
- Se debe implantar un método para la recogida, análisis e implantación de las ideas de mejora que vayan surgiendo, enfocándose en primer lugar en el Mantenimiento Autónomo Correctivo, para posteriormente irse plasmando a un nivel preventivo.

5 CONSOLIDACIÓN

- La toma de datos antes y después de la implantación del Plan de Mantenimiento Total es la clave para medir la evolución de la eficiencia de los equipos. Los resultados deben ser cuidadosamente analizados, ya que no siempre se consigue un aumento general de todos los parámetros que intervienen en la máquina equipo. Por ejemplo, al aumentar la cadencia de fabricación de una prensa hidráulica, su disponibilidad ha conseguido también ser aumentada, sin embargo su tiempo de vida de componentes se ha visto reducido debido a un desgaste prematuro de ciertos elementos de la misma. Una vez analizados los datos relativos al estudio, se debe establecer una comunicación eficaz entre los departamentos afectados.
- Sostenimiento en el tiempo del plan. Mediante un seguimiento diario, indicadores visuales y revisiones periódicas con los operarios de las acciones y problemas detectados, se asegura que el Plan de Mantenimiento Productivo Total está perfectamente consolidado en el ámbito del taller, y se ve reforzado con continuas ideas de mejora en la eficiencia de los equipos.

6.2 LOS INDICADORES DEL TPM

Anteriormente se estudiaron los pasos para la implantación del Mantenimiento Productivo Total dentro del área de trabajo. En este nuevo apartado, se van a exponer los conceptos y técnicas utilizados para la medición y el análisis de la efectividad de los equipos, y ver si el rendimiento de la fábrica es el adecuado, a la vez que se minimizan las pérdidas debidas a paradas, averías de los equipos, etc.

El conocimiento exacto de cómo está funcionando un equipo es un aspecto crucial que influye directamente sobre la calidad, disponibilidad y seguridad de la línea. Pueden surgir diversas preguntas cuando ocurren las siguientes situaciones:

- ¿Qué ocurre si el equipo sólo funciona el 75% del tiempo?
- ¿Qué ocurre si cuando funciona lo hace al 80% de su velocidad?
- ¿Qué ocurre si sólo el 90% de las piezas que produce son buenas?

Otro de los aspectos más preocupantes de cara al análisis de la efectividad es cómo ofrecer una medida objetiva del rendimiento de un proceso. Aunque una máquina esté produciendo piezas buenas, pueden existir pérdidas de diversa consideración que afecten negativamente al rendimiento global. Es decir, se tienen que analizar las variables adecuadas que afecten a los índices de rendimiento del proceso. ¿Pero cuáles impactan en él?

6.2.1 Introducción al OEE

La Eficiencia General del Equipo (**OEE**, *Overall Equipment Efficiency*), es una medición total del rendimiento relativa a la disponibilidad del proceso respecto a la productividad y a la calidad. Esta eficiencia es necesario medirla para realizar una valoración actual de la situación de la planta, comprobar la existencia de elementos críticos y analizar la robustez de la línea.

El *OEE* establece el rendimiento del equipo de producción cuando está en modo de operación, con lo cual establece una íntima relación con el concepto de productividad. A continuación se podrán observar que los conceptos clave de *OEE* son simples y ayudan realmente a centrar las causas que provocan la pérdida de productividad.

Se puede Posteriormente, también se puede estudiar con detalle las causas que provocan esta pérdida de productividad mediante la aplicación de las *Seis Grandes Pérdidas* (comentadas en el apartado 6.1.1.1): averías, preparación / ajuste, paradas menores / improductivas, velocidad, defectos en proceso y repaso, pérdidas de inicio.

Un esquema que se analizará posteriormente es el que muestra la figura 6.17, el cual desglosa los tiempos que intervienen en el equipo, y los relaciona directamente sobre las *Seis Grandes Pérdidas*.

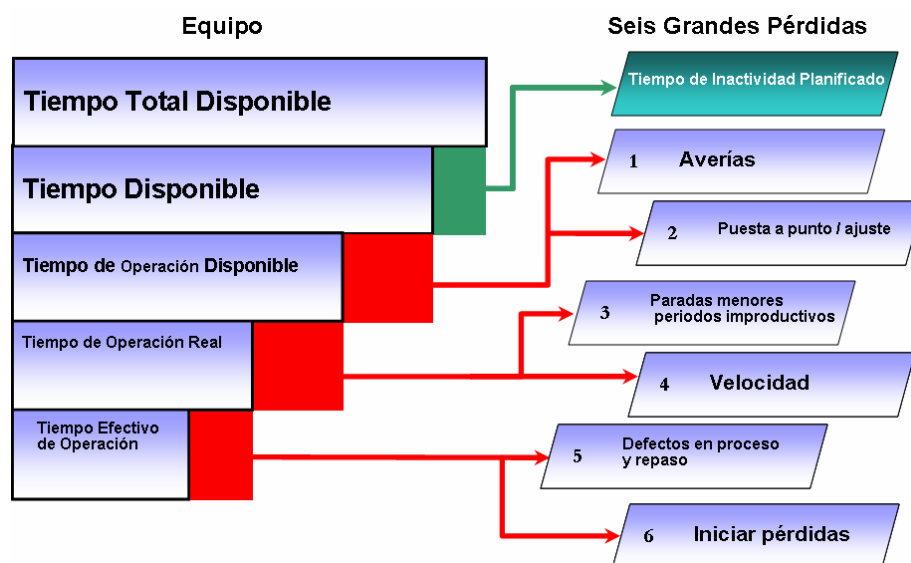


Figura 6. 17 Relación del OEE con las Seis Grandes Pérdidas

Adicionalmente, el *OEE* sirve de inicio para el proceso de Mejora Continua dentro del área de trabajo. Según la nueva filosofía de fabricación, si no se miden y se analizan los datos, no se puede mejorar la situación actual. Mediante un estudio profundo de los datos procedentes del *OEE* se estará en disposición de calcular el rendimiento y eficiencia de los equipos (se tendrá una “visión verdadera” de la eficiencia de los procesos), averiguando de éste modo dónde están ubicadas las principales carencias, para posteriormente tratar de reducirlas y eliminarlas. En este sentido, los operarios y mecánicos tendrán un papel clave en la eliminación de las pérdidas y mejora del proceso de producción, englobado dentro de la estructura del *TPM*. Bajo éste punto de vista, el indicador *OEE* contribuirá a facilitar el trabajo a la organización, para que todos contribuyan y formen parte de los resultados.

Centrarse en los cuellos de Botella

Los ejercicios realizados con anterioridad pueden ser de ayuda de cara a la obtención de valiosa información para el cálculo y análisis del *OEE*. Mediante la elaboración y estudio del Mapa de Flujo de Valor, se han detallado con precisión cada una de las operaciones que integran la cadena productiva, y cumplimentadas con la información específica recogida cuando se elaboraron las Instrucciones de Operación Estándar. Uno de los grandes hallazgos fue que mediante éstos ejercicios salieron a flote actividades que ayudaron a la reducción de pérdidas de capacidad de línea debida a retrabajos, movimientos, esperas, averías,...

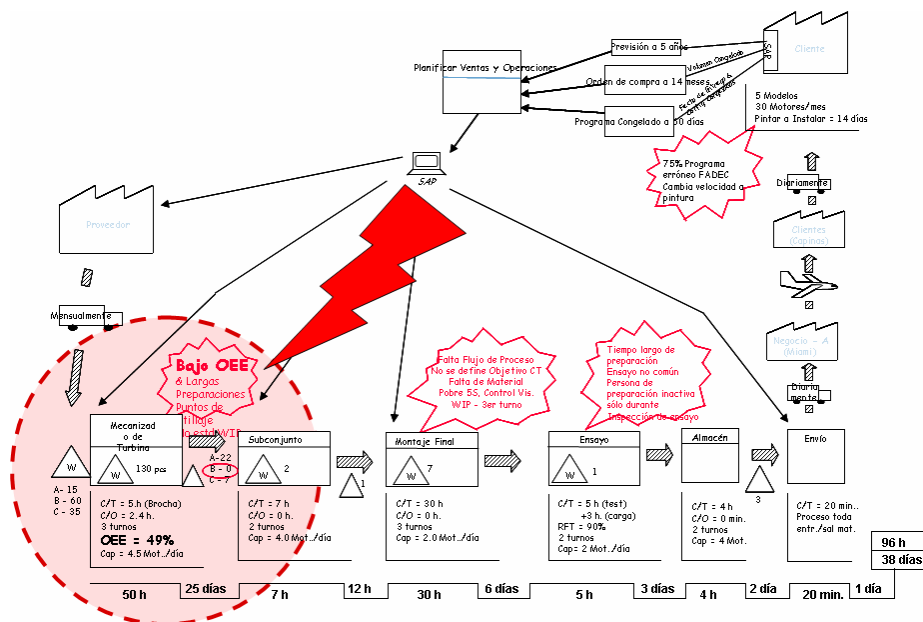


Figura 6. 18 Identificación de los puntos críticos

Todo esto puede conducir a un camino obvio: el análisis de los **cuellos de botella**. En éste análisis tiene especial importancia un cálculo minucioso del *OEE*, ya que en caso de restricciones de capacidad pueden salir a flote problemas en la línea, que bajo una situación normal no es posible apreciarlos.

Durante éste análisis, de debe hacer una clara distinción entre:

- **Cuello de botella Teórico:** El cuello de botella teórico se averigua encontrando la máquina con la menor capacidad basándose en la velocidad valorada de funcionamiento, riesgo de averías,...
- **Cuello de botella Operativo:** se puede calcular multiplicando la velocidad valorada de funcionamiento por el índice *OEE*

A modo de ejemplo se propone la siguiente ilustración:

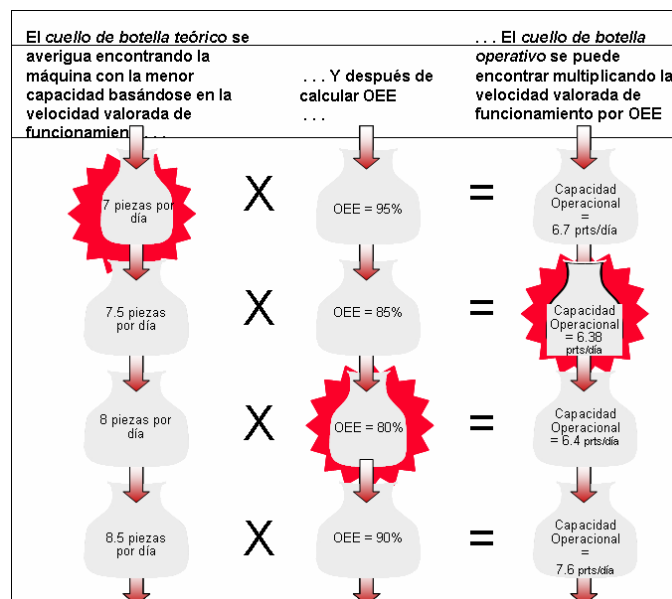


Figura 6. 19 Diferencias entre cuellos de botella

Contrariamente al enfoque anterior, que manejaba entre otras cosas por ausencia de datos del *OEE* los cuellos de botella teóricos, en la nueva situación actual el análisis que tendrá más importancia será el del cuello de botella operativo. De este modo, se podrá validar y asegurar que las mejoras que se apliquen para el aumento del *OEE* tendrán un impacto positivo en la tasa de producción de la fábrica.

6.2.2 Definición de *OEE*

Según la definición expuesta en el apartado 6.2.1, la Eficiencia General del Equipo es una medición total del rendimiento relativa a la disponibilidad del proceso respecto a la productividad y la calidad.

De ésta afirmación se deduce que la medida del *OEE* es una simple combinación de tres parámetros: **disponibilidad**, **productividad** y **calidad**. Hay que tener perfectamente definidos el ámbito de éstas variables, debido a que en ocasiones su estudio y medición pueden ser ambiguos entre varios departamentos. Un error frecuente en la industria es restringir el *OEE* solamente a la disponibilidad técnica, olvidando que la calidad, aunque no afecta a la disponibilidad, puede dar lugar a retrabados y reparaciones que incurran de manera negativa en el proceso productivo.

El *OEE*, entonces, puede expresarse según la fórmula:

$$OEE = \text{disponibilidad (\%)} \times \text{productividad (\%)} \times \text{calidad (\%)}$$

A continuación se definen brevemente los parámetros que componen la ecuación.

- **Disponibilidad:** hace referencia a la porción de tiempo que el equipo está funcionando cuando se necesita. En el cálculo de la disponibilidad intervienen conceptos tales como averías de las máquinas, puestas a punto, ajustes de cambio de modelo, etc.
- **Productividad:** refleja el ratio de funcionamiento del equipo en la actualidad, frente al diseño original documentado en las especificaciones técnicas. Factores como las microparadas, o incluso la pérdida de velocidad interfieren a la hora del cálculo de la productividad.
- **Calidad:** es uno de los parámetros de fácil medición, y se obtiene haciendo el porcentaje de piezas buenas realizadas frente al total de piezas producidas. Además, en la calidad no sólo intervienen los defectos derivados del proceso de fabricación, sino que también están presentes aquellos que surgen durante la puesta en marcha de los equipos.

Uno de los problemas que surgen, citado anteriormente, es que en ocasiones no se tiene la suficiente información para hacer un cálculo del índice *OEE* con exactitud. La mayor parte de las empresas valoran sus equipos únicamente en cuestiones de disponibilidad, obviando los demás términos de la ecuación. Incluso puede darse el caso que el exceso de información también sea un desperdicio: no hay que medir todas y cada una de las variables que intervienen en un proceso (puede ser relativamente caro, debido a que muchos parámetros son de difícil medida y extracción), sino sólo las adecuadas para garantizar la observabilidad y controlabilidad del equipo.

Productividad Efectiva Total del Equipo

Otro de los conceptos íntimamente ligados al *OEE*, y que también tiene una importancia significativa dentro del *TPM* es la Productividad Efectiva Total del Equipo (**TEEP**, *Total Effective Equipment Productivity*).

La diferencia entre éste nuevo concepto y el *OEE* es la siguiente: mientras que el *OEE* mide el ratio entre el tiempo efectivo de operación entre el tiempo disponible, el *TEEP* relaciona el tiempo disponible de la operación entre el **Tiempo Total**.

Como se ve en la figura 6.20, éste índice se ve afectado por los días de producción planificada (considerando vacaciones, cierre de producción, etc.), el número de turnos de trabajo y sus duraciones, los tiempos de inactividad planificados,...

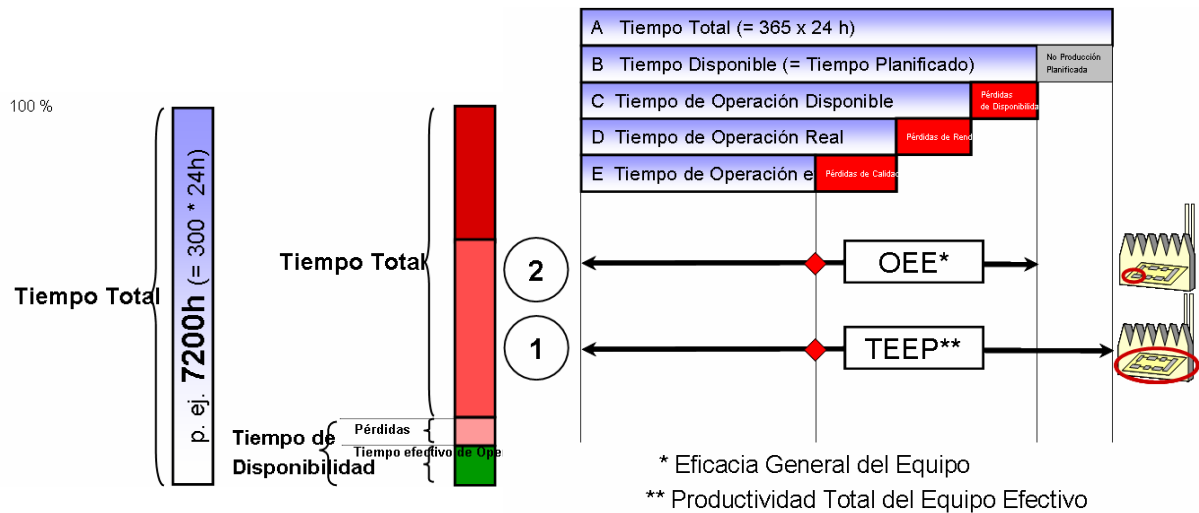


Figura 6. 20 Productividad Efectiva Total del Equipo

Tipos de Pérdidas

Los tipos de pérdidas que se producen en un equipo pueden ser debidas a la productividad, calidad y disponibilidad de los elementos que los integran.

Relacionando los tipos de averías frecuentes con los conceptos dentro del *OEE* a los que atacan, se puede elaborar una tabla resumen como la siguiente:

TIPO PÉRDIDA	CATEGORÍA OEE	AFECTA AL	EVENTOS
1. Averías y paradas	Pérdida de tiempo por paradas	Disponibilidad	Fallos de Herramientas Mantenimiento No Planificado Paradas Generales Fallo de Equipo
2. Setup y Ajustes	Pérdida de tiempo por paradas	Disponibilidad	Setup / Cambios Producto, Formato Presentación Falta de materiales/Operarios Ajustes importantes, Arranque
3. Pequeñas	Pérdida de	Rendimiento	Flujo de producto

Paradas	Velocidad		obstruido Atascos de componentes Falta de alimentación Sensor bloqueado Pequeñas Limpiezas/Chequeos
4. Reducción de Velocidad	Pérdida de Velocidad	Rendimiento	Desgaste de Equipos Ineficiencia del Operador Diseño que obliga a ir menor veloc.
5. Rechazos de Puesta en Marcha	Pérdida de Calidad	Calidad	Desechar Reprocesados Ensamblado incorrecto
6. Rechazos de Producción	Pérdida de Calidad	Calidad	Desechar Reprocesados Ensamblado incorrecto

En la tabla se han incluido algunos ejemplos prácticos que han tenido lugar en el ámbito de producción, para que se tenga una idea más concreta de cuáles son los problemas que afectan de manera directa durante el proceso.

Si se profundiza un poco más en el estudio de la diversidad de averías, se puede llegar a un diagrama como el que ilustra la figura 6.21.

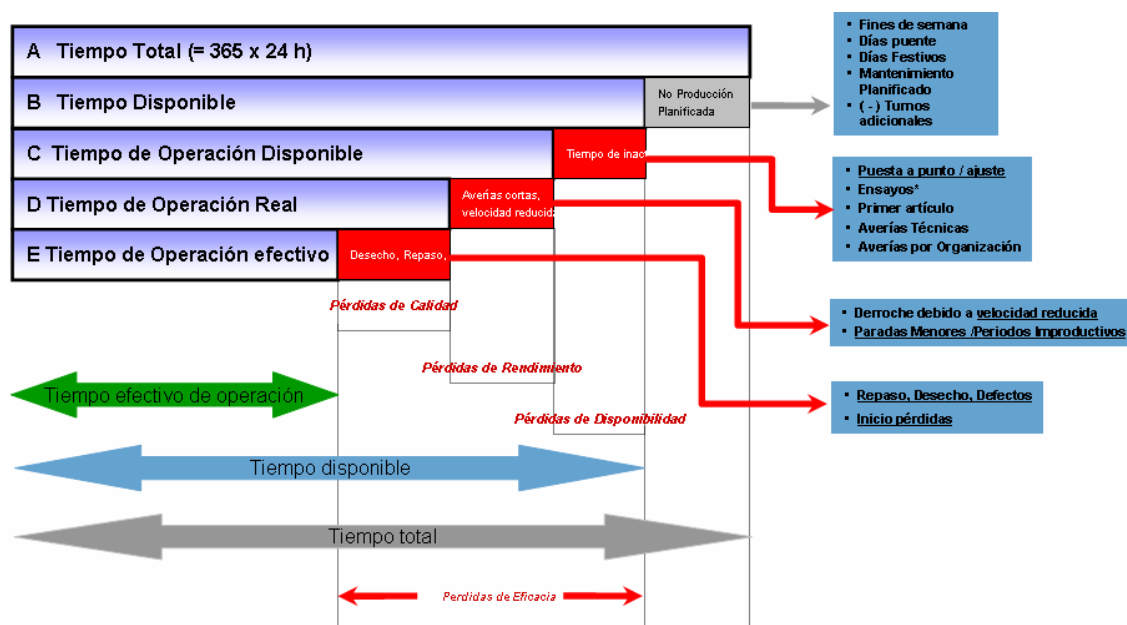


Figura 6. 21 Estudio detallado de pérdidas del OEE

En el siguiente apartado se desglosará con detalle éste diagrama, obteniendo las ecuaciones para calcular los parámetros que intervienen en la medida del *OEE* y de los tiempos que vienen reflejados en el mismo.

6.2.3 Medición y análisis del OEE

Para hacer una correcta medición de los parámetros que integran la fórmula del *OEE*, es necesario definirlos de una manera unívoca. A continuación se especificarán los componentes que constituyen el *OEE*, para hacer más fácil su identificación y cálculo.

A modo de recordatorio, cabe citar que el *OEE* centra su atención en la tasa de operación eficaz del equipo, y ésto lo hace mediante una cuantificación precisa de la disponibilidad, productividad y calidad del equipo a través del análisis y cálculo de estos valores, y la cuantificación de las *Seis Pérdidas* principales que se producen en un sistema productivo.

Según esto,

$$OEE = \frac{\text{tiempo neto de producción (real)}}{\text{tiempo de proceso}} \times 100 \text{ [\%]}$$

O también puede ser expresado como:

$$OEE = \text{disponibilidad (\%)} \times \text{productividad (\%)} \times \text{calidad (\%)}$$

A continuación se expondrán ampliamente cada uno de los términos que integran la ecuación.

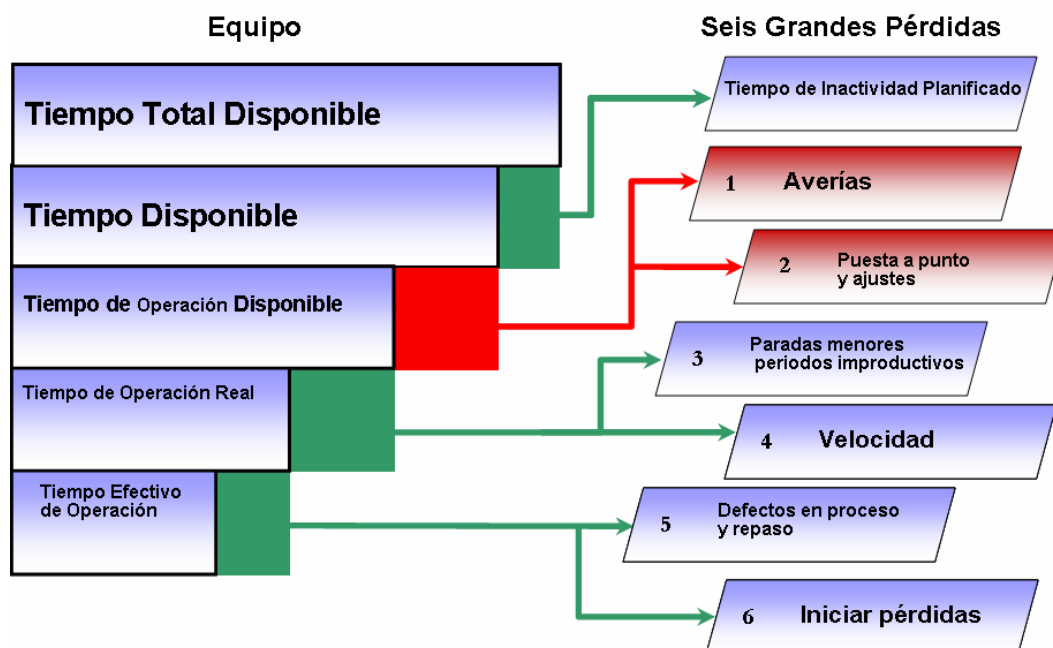
1 Disponibilidad

“La porción de tiempo que el equipo está funcionando cuando se le necesita”.

El factor de disponibilidad tiene en cuenta la pérdida de tiempo originada por inactividades, que son aquellas causas que detienen de manera apreciable la producción planificada. Algunos ejemplos de inactividades pueden ser fallos de los equipos, faltas de material, etc. También está incluido en inactividad los tiempos de puesta a punto y ajustes. Aunque debido a la naturaleza intrínseca de los mismos, que hace que sea imposible eliminarlos, siempre pueden existir formas para reducirlos en la medida de lo posible.

Según lo anterior, la fórmula para obtener la disponibilidad es la siguiente:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{tiempo total disponible} - \text{inactividades}}{\text{tiempo total disponible}} \times 100 \text{ [\%]}$$



Es de bastante utilidad hacer una distinción clave en cuanto al *tiempo de inactividad*:

- Tiempo de inactividad *planificado*. Son aquellas operaciones que han sido previamente concebidas, y que aunque sean susceptibles de parar la línea, habían sido consideradas con anterioridad. Ejemplos de éste tiempo pueden ser las averías planificadas (debido al mantenimiento Predictivo, mantenimiento Planificado, informes sobre comunicaciones y reuniones de equipo,...).
- Tiempo de inactividad *no planificado*. Éste tipo de tiempos afectan de manera negativa en el proceso, por lo que son considerados pérdidas. Entre ellos cabe destacar las averías, las puestas a punto y ajustes de los sistemas, recepción tardía de los materiales, disponibilidad del factor humano,...

2 Productividad

“Es el ratio de funcionamiento del equipo frente el diseño original diseñado en las especificaciones”.

En otras palabras, es analizar la producción real (cantidad de piezas buenas y malas) frente a la producción potencial de un equipo. El factor rendimiento tiene en cuenta las pérdidas de velocidad, las cuales incluyen cualquier factor que causa que el proceso opere a velocidades inferiores a las teóricas mientras está funcionando. Bajo este punto de vista se pueden enunciar algunos ejemplos, tales como el desgaste progresivo de los equipos, materiales con calidad defectuosa, mala alimentación de los equipos, ineficiencias de los operarios, etc.

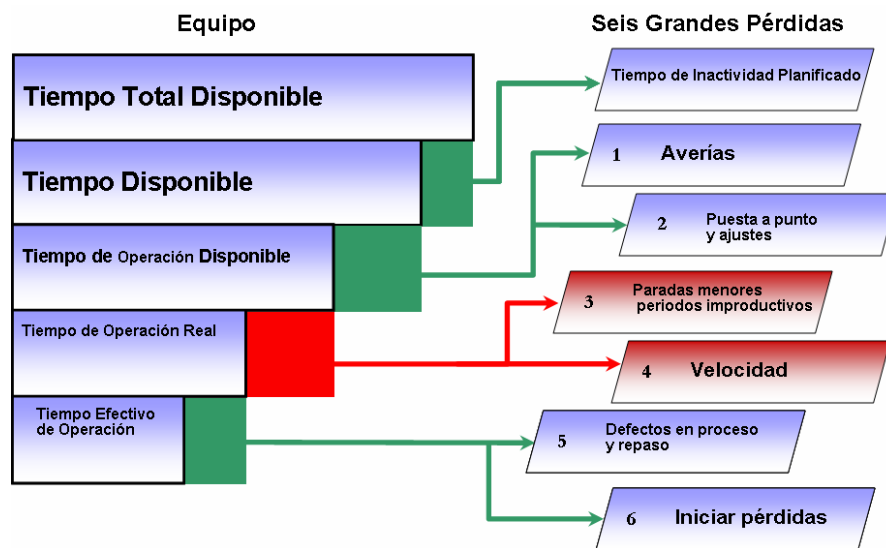
La fórmula para el cálculo de la productividad es la siguiente:

$$productividad = \frac{tiempo\ ideal\ de\ ciclo \times produc.real}{tiempo\ de\ operación\ disponible} \times 100 \text{ [\%]}$$

Otra forma simplificada de obtener la productividad es:

$$productividad = \frac{número\ actual\ de\ piezas\ realizadas}{número\ de\ piezas\ ideal} \times 100 \text{ [\%]}$$

Al tiempo disponible resultado de restar al Tiempo de Operación Disponible las pérdidas debidas a paradas y pérdidas de velocidad se le denomina *Tiempo Efectivo de Operación*.



3 Calidad

“Es, básicamente, el porcentaje de piezas buenas realizadas”

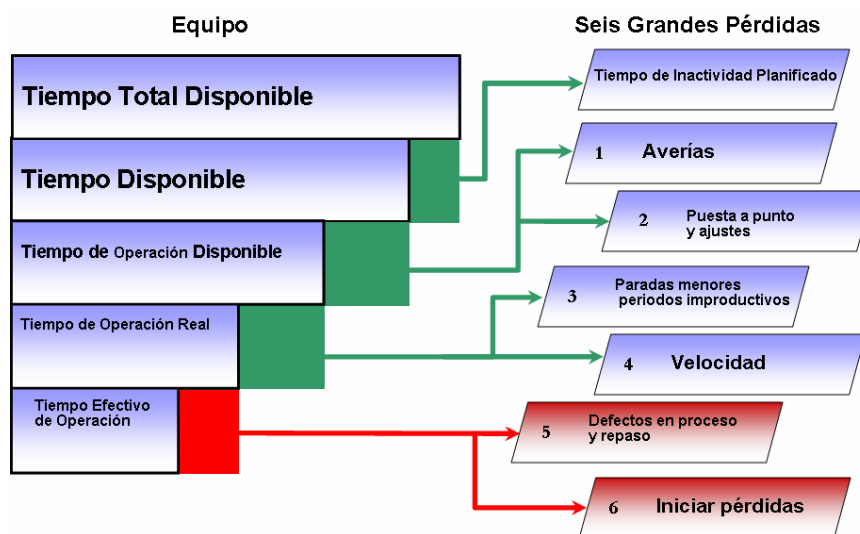
Este último parámetro tiene por norma general una fácil medición y detectabilidad. En otras ocasiones, la inspección de la pieza realizada para determinar su índice de calidad puede ser costoso, o sólo puede ser observable “aguas atrás” del proceso, por lo cual éste factor puede desempeñar un papel relevante dentro del mismo, y afectar gravemente al OEE.

La fórmula para el cálculo del ratio de calidad es,:

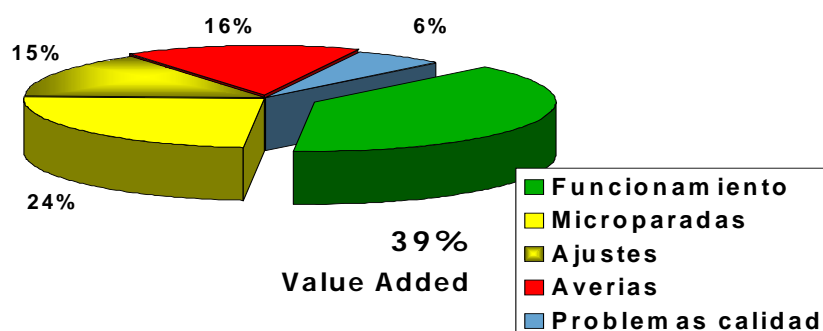
$$calidad = \frac{\text{número de piezas realizadas} - \text{piezas defectuosas}}{\text{número de piezas realizadas}} \times 100 \text{ [\%]}$$

No obstante, hay que considerar además que las piezas producidas con una calidad defectuosa pueden repercutir en reparaciones, y según el grado de disconformidad pueden prolongarse en el tiempo, y alterar la cadena productiva.

En relación con las *Seis Grandes Pérdidas*, la calidad involucra a lo siguiente:



Como se ha podido observar, del tiempo total disponible al principio de un periodo debe irse restando sucesivas pérdidas, tanto planificadas como no, e ir actualizando los índices conforme a los tres parámetros que influyen en la medida del *OEE*. De este modo, un típico ejemplo en la industria es el que muestra la figura 6.22.



Capacidad perdida - 61%

Figura 6. 22 Pérdida de capacidad habitual

Se puede apreciar que realmente, el tiempo que añade valor al producto es de tan sólo un 40% del tiempo total.

Recogida de datos

Antes de la implantación de un nuevo sistema, es necesario hacer una extracción inicial de datos, para evaluar la situación actual. Posteriormente, y una vez que se haya materializado dicho sistema en el área de trabajo, los datos proporcionarán información actualizada de la evolución de los equipos una vez implantadas las mejoras, y se verá si son necesarios ajustes adicionales.

Hay que tener en cuenta que la recogida de datos es fundamental para el cálculo del *OEE*. Desgraciadamente, no existen en todo equipo un procedimiento estandarizado de recogida y análisis de datos, por lo cual se puede dar el caso de que algún parámetro no se pueda observar / controlar. En esta situación, se deberá buscar alguna variable adicional, íntimamente relacionada con los parámetros deseados, que pueda ofrecer información útil en el análisis del *OEE*.

Adicionalmente, la recogida de datos puede servir de gran utilidad para la identificación y eliminación de las *Seis Grandes Pérdidas*. No se debe pensar en una primera aproximación, sin datos fiables, en cambiar componentes de los equipos y hacer nuevas inversiones. La nueva filosofía parte de un análisis inicial, en el cual en primer lugar se deben intentar reducir las pérdidas posibles (esperas, retrabajos,...) y en último lugar, cuando todo lo anterior falla o no se cumplen las especificaciones, optar por la compra de nuevos equipos.

Para implantar un sistema de recogida de datos, el primer paso es pensar en el cómo. Hay dos tipos de recogida de datos de los equipos:

- **Manual:** es un método sencillo, y no requiere inversión inicial. El buen funcionamiento de éste sistema depende en su mayoría de cómo y cuándo se anoten las pérdidas en disponibilidad y productividad de los equipos por parte de los operarios de producción y el personal de mantenimiento. Es un método adecuado para una primera toma de contacto con el equipo, y ver las principales deficiencias.
- **Automático.** Es el siguiente paso en la recogida de datos, y debería ser una evolución natural del método manual. Mediante una serie de sensores y el software adecuado, se puede registrar informáticamente parámetros relevantes para el control y visualización del estado de los equipos. Tiene como desventaja un gasto económico asociado, sin embargo, permite acceder a información de una manera rápida y eficaz, y ser tratada por expertos posteriormente.

La idea común en ambos métodos es que deben reflejar una información clara, y que ayude al cálculo de un *OEE* sin ambigüedades. Es igual de perjudicial para el sistema la ausencia de datos fiables, como el exceso de información, ya que puede dar lugar a datos redundantes que compliquen el cálculo y las mediciones.

Entre los datos más importantes de cara al estudio y análisis de los problemas, es conveniente recordar aquellos expuestos a lo largo de éste capítulo.

- **Paradas planificadas**
Turnos en lo que no está previsto que funcione la máquina y tiempos de averías. Generalmente estos datos están disponibles en los planes de producción.
- **Mantenimiento Planificado**
Tiempo para actividades de mantenimiento que forman parte del plan de producción.
- **Tiempo de Preparación**
El origen de estos datos puede ser notas manuales de los empleados en la máquina o estimaciones. El tiempo de limpieza, que puede mostrarse como una pérdida extra en el diagrama, pertenece también a esta categoría.
- **Averías (paradas no planificadas)**
El registro perfecto es un sistema de recopilación de datos de producción que registra también la causa de avería. Alternativamente, las notas de los empleados en la máquina deben ser analizadas por el personal de mantenimiento.
- **Paradas cortas**
A esta pérdida pertenecen las paradas extremadamente cortas por problemas que son solucionados por el personal en cuestión de segundos. Producción debe ser capaz de poder registrar éste tipo de paradas.
- **Pérdidas de velocidad**
Las discrepancias respecto a la velocidad planificada o al tiempo de ciclo pueden ser registradas por un sistema de registro de adquisición de datos automático.
- **Repaso y rechazo**
La cantidad producida de rechazos o repastos se multiplica por el tiempo de producción necesario por unidad. El dato puede determinarse por el departamento de control de calidad.
- **Tiempo Productivo Real (neto)**
El tiempo real que se utiliza para la producción de elementos de calidad. El registro puede realizarse o bien con un sistema básico de registro de datos de producción.

Como nota informativa cabe destacar que el rendimiento no puede ser mayor del 100%; si se calcula una cifra mayor del 100% debe realizarse una investigación sobre el tiempo de ciclo ideal, el método de trabajo el tiempo de reposo registrado, etc. debido a que alguno de los parámetros podría estar mal calculado.

6.3 LOGROS EXTERNOS

La implantación en la línea productiva del A-320 del Mantenimiento Productivo Total ha sido costosa en tiempo y recursos. No sólo ha planteado una nueva organización y actividades enfocadas al Departamento de Mantenimiento, sino que la filosofía se ha distribuido al personal directamente implicado en producir elementos, distribuyendo los conocimientos y creando un sentimiento de responsabilidad.

Empresas importantes de sectores tan variados como la construcción, extracción de petróleo, etc. también han culminado con éxito la implementación de actividades relacionadas con el *TPM* en sus factorías. A continuación se citarán algunas de éstas empresas, con sus principales beneficios en cuanto a actividades de Mantenimiento Productivo se refiere.

- **Aera Energy** (situada en California, Aera es una de las mayores compañías en producción de petróleo y gas, ganadora en dos ocasiones del prestigioso galardón North American Maintenance Excellence). Sus principales beneficios han sido:
 - 40% de reducción de costes de mantenimiento durante el periodo 1999-2002.
 - 25% de incremento de la fiabilidad en procesos de inyección.
 - 7% de incremento de la fiabilidad en tiempos de respuesta *Just In Time*.
- **Shell Europe** (Una de las mayores compañías del sector petrolífero a nivel mundial, con intereses además en gas natural).
 - Reducción de costes de mantenimiento de 3M USD en un año.
 - Incremento del Tiempo Medio Entre Fallos en unidades de aire comprimido de 56 días a 210 días.
 - Ahorro de 848K USD de la actividad del Equipo de Innovación.
- **Harley Davidson** (Compañía fabricante de motocicletas estadounidense)
 - El Retorno de inversión (ROI) es de 10:1 sobre los costes de implementación de sistemas de mejora de mantenimiento.
 - Varias mejoras del 400% en Tiempo Medio Entre Fallos en determinadas piezas de los motores.

- **Leggett & Platt** (empresa americana diversificada que diseña y produce gran variedad de productos, como muebles, cables para la industria, componentes para automóviles, máquinas automáticas, etc.)
 - Reducción de presupuesto de mantenimiento de 1M USD en el primer año y medio de implementación el TPM.
 - Mejora de la productividad del 6% en instalaciones automáticas.
 - Más de 740K USD de reducción en coste de operación (en 3 instalaciones)
 - Durante la implantación en el taller del TPM se mostraron 3178 defectos desconocidos previamente.

- **Kaiser Aluminum** (productor norteamericano de aluminio, con más de 11 factorías)
 - 22% de reducción en presupuesto de mantenimiento anual.
 - 17% de reducción de costes de fabricación.
 - 20% de reducción de inventario de almacén de piezas de repuesto.
 - 40% de reducción de tiempos extra de mantenimiento.

- **Energizer Battery** (productor de pilas y baterías a nivel mundial)
 - 1.5M USD de reducción de coste laboral de mantenimiento anual.
 - 750K USD de reducción de costes material de repuesto.
 - 25% de mejora de trabajo planificado de mantenimiento.

- **Whirlpool Appliances** (fabricante de electrodomésticos a nivel mundial)
 - 27% de mejora de productividad de los equipos.
 - 1.5 M USD de reducción de costes de mantenimiento en un año.

- **Barriere Construction** (empresa dedicada a la construcción de carreteras)
 - Cambio del 90% de la tasa de mantenimiento reactivo al 15%.
 - Tiempo Medio Entre Fallos incrementado en 91%.
 - Coste por hora para operar con el equipo disminuido en un 65%.



Como se puede observar fruto de los datos expuestos, el abandono de las arcaicas posturas correctivas y reactivas frente a los problemas para dar paso a una actividad proactiva y planificada ha provocado cuantiosos beneficios a las empresas. Además, se asegura un sostenimiento a largo plazo del sistema, bajo la estandarización y la formación continua en nuevas habilidades al personal relevante.



Capítulo 7. **SISTEMA LOGÍSTICO**

En la fabricación de un estabilizador horizontal de cola intervienen una serie de operaciones (de mayor o menor complejidad) mediante las cuales se fabrican y modifican una serie de componentes hasta formar dicho elemento del avión.

Dada la enorme cantidad de materiales que intervienen en el proceso, es lógico pensar que el control de los mismos es crucial para poder empezar y acabar con éxito y en el plazo estimado la fabricación de un estabilizador.

A lo largo del presente capítulo se estudiará el módulo que hace referencia a la Logística, que tiene como fin último suministrar las piezas necesarias para la fabricación de un elemento del avión en tiempo y cantidades necesarias. Esta meta requiere de un minucioso control y planificación, ya que debe coordinar los diversos flujos de piezas dentro de la planta, así como las relaciones de la planta con el exterior.

Muchas de las técnicas para el control y la gestión de los recursos expuestas en capítulos anteriores van a tener validez también en este módulo, debido a que una planificación adecuada va a constituir la base del éxito en lo que a suministro de elementos a planta se refiere.

Se expondrán las herramientas necesarias para adecuar las funciones realizadas por éste departamento a la nueva filosofía *Pull* implantada en el sistema productivo. De este modo, se actuará en consonancia con el Ritmo de Producción, marcado por las necesidades del cliente.

Además, se estudiará la íntima relación de la Logística y los desperdicios propios de un sistema de fabricación: éste departamento también puede constituir, como se comprobará más adelante, una fuente importante de desperdicio si no se tienen en cuenta unos requisitos indispensables para el correcto funcionamiento de la solución propuesta.

Para finalizar el capítulo, se hará una recopilación de los beneficios más significativos obtenidos tras el proceso de implantación de la nueva solución logística en la línea del A-320.

7.1 LOGISTICA EN AIRBUS

En términos generales, se puede definir la Logística como aquel conjunto de actividades que tienen como misión el suministro de piezas a la planta. De este modo, se puede representar el módulo de logística como una “caja negra”, cuyo objetivo es nutrirse de unos *Inputs* (necesidades de la planta) para producir los correspondientes *Outputs* (distribución interna de piezas)

En una primera aproximación, el diagrama resultante podría representarse como muestra la figura 7.1:

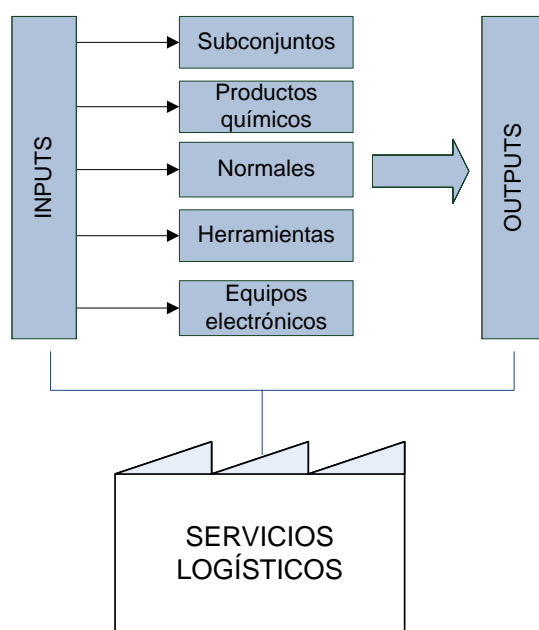


Figura 7. 1 Servicios Logísticos

Sin embargo, a medida que se van estudiando las distintas tareas que conciernen a este departamento, los flujos empiezan a constituir diagramas más complejos.

En concreto, en la planta de Getafe, el departamento de Logística tiene que hacer frente a varios flujos, como indica la figura 7.2.

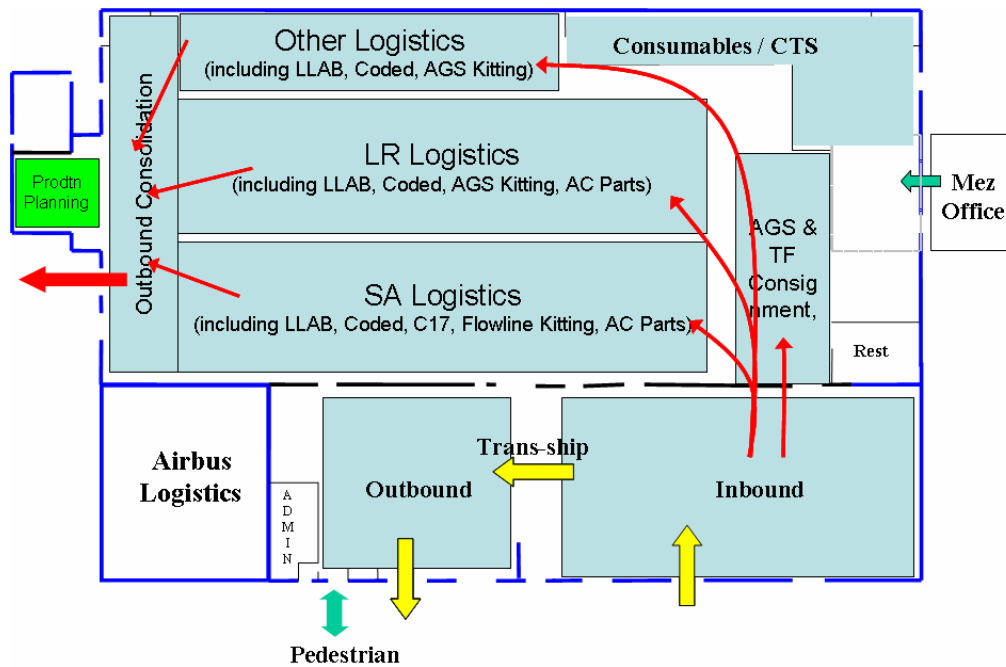


Figura 7. 2 Flujos Logísticos en Airbus

Como puede apreciarse, se deben coordinar varios flujos de entrada, como son:

- Piezas que provienen de suministradores externos, ajenos a Airbus.
- Piezas que provienen de la propia planta de Getafe (de fabricación propia)
- Piezas que provienen de otras plantas de Airbus de España y Europa.

Para citar un ejemplo, la factoría de Airbus Illescas (Toledo) fabrica unos elementos denominados “*largueros*”, así como gran variedad de piezas en fibra de carbono que posteriormente serán instaladas en los estabilizadores horizontales de cola en la factoría de Getafe.

Entre las operaciones internas que lleva a cabo el departamento, cabe destacar:

- Carga y descarga de los materiales procedentes de medios de transporte.
- Recepción de material.
- Manipulaciones intermedias (Handling)
- Almacenamiento del material.
- Distribución desde el centro de Logística al punto de uso en planta (**POU**, Point of Use).
- Envío a la línea de montaje final el producto terminado (estabilizador completo).

Como operaciones finales, deben mencionarse las salidas de material al exterior, las cuales se engloban bajo el término de Operaciones de Expediciones y Transporte.

Por lo tanto, y como puede apreciarse a la vista de las operaciones a realizar, es importante tener una adecuada planificación del suministro de materiales, debido a que es necesario abastecer a todos los programas existentes en la factoría, y no sólo al Airbus A-320. Esto se traduce en amplia variedad de piezas, diferentes cadencias y ritmos de producción, gestión de faltas e inutilidades, etc.

Programas como las Costillas del Ala del Airbus A-380, la sección de Materiales Compuestos, los modelos A-340 y A-340/600, etc. son programas que necesitan a su vez una cantidad de piezas considerables, y en ocasiones los clientes y suministradores de piezas son los propios programas.

En la actualidad existen diversas fórmulas para resolver el problema de abastecimiento de piezas dentro de una fábrica. Cada una de estas fórmulas tiene unos flujos de material distinto, y por lo tanto su gestión también lo es. En la figura siguiente se pueden observar diferentes modelos de flujos logísticos de material:

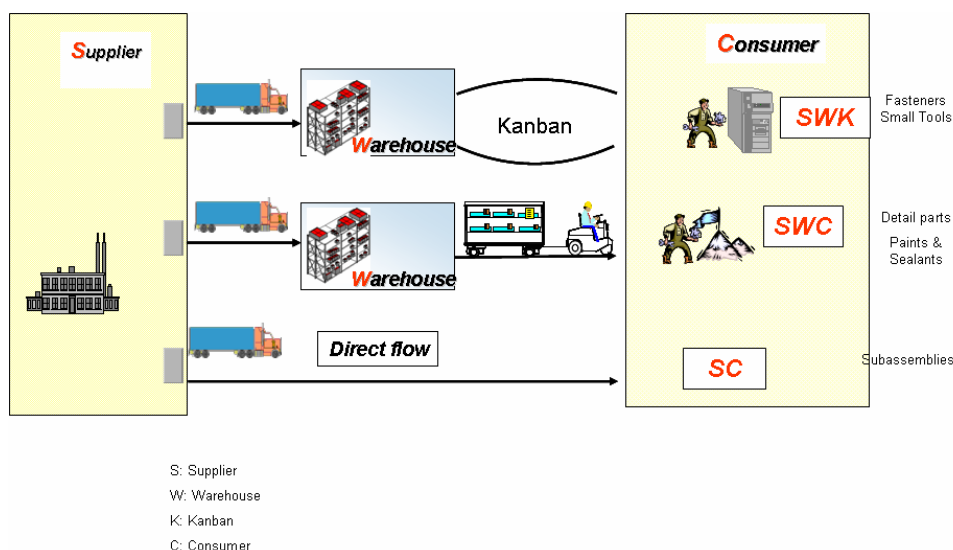


Figura 7.3 Tipología de abastecimiento

El inconveniente de tener un único flujo (por ejemplo, el Flujo Directo, *Direct Flow*) es que no todas las piezas necesarias pueden adaptarse según éste sistema. La única solución, dado el gran número de suministradores y material que llega como *Input* a la fábrica es tener diferentes flujos dependiendo de las piezas.

Los componentes que se fabrican en la propia factoría sí pueden adaptarse al modelo de Flujo Directo, porque pueden ser fabricados según la cadencia de producción del resto de componentes, y ser consumidos cuando se requieran. Sólo sería necesario disponer de una gestión eficaz de los inventarios y un sistema eficiente de comunicación de las necesidades entre Producción y Logística.

Sin embargo, cuando se tienen proveedores externos, por norma general el Flujo Directo no cumple con las expectativas de la filosofía Justo a Tiempo (**JIT**, Just In Time). Algunas de las causas por las que no puede usarse este flujo con determinados elementos son:

- **Distancia del proveedor a la fábrica.** Muchas de las piezas provienen de proveedores extranjeros, y debido a esto el transporte del elemento desde el fabricante hasta la planta puede verse ralentizado por diversas razones (disponibilidad de los pedidos, condiciones climatológicas, etc.)
- **Stock en almacenes del propio proveedor.** En ocasiones, para que un suministrador sea capaz de entregar productos conforme a la cadencia que se le solicita, es necesario que él mismo disponga de medios físicos de almacenamiento, debido a restricciones en su producción, flujos de trabajo internos, previsiones futuras, etc. El volumen de dicho almacén dependerá tanto de su capacidad productiva como de la demanda por parte del cliente.
- **Lead Time de fabricación de un producto.** Dependiendo del componente solicitado el tiempo de fabricación puede variar significativamente, incluso se tienen ciertos componentes cuyo periodo de vida es limitado, como las pinturas y los sellantes.

Otro tipo de flujo que se presenta en el esquema corresponde a aquel que dispone de un almacenamiento intermedio, mediante el cual se puede nivelar la demanda y ajustarse de una manera diferente a las necesidades del cliente. En ocasiones, dicho almacenamiento intermedio puede servir de “colchón” para equilibrar la demanda de materiales desde la fábrica. Es decir, el suministrador de componentes puede entregar al almacén según las frecuencias anuales planificadas, para que posteriormente el propio almacén suministre a planta según el Ritmo de producción correspondiente a cada programa. De este modo se puede conseguir el flujo *Pull* entre el almacén y las líneas de montaje.

7.2 SOLUCIONES LOGÍSTICAS

Es una tarea difícil hacer que convivan en armonía diferentes sistemas de abastecimiento dentro de un programa. En ocasiones, la concepción inicial y el uso adecuado de los flujos de material no están perfectamente definidos. Esta falta de situación óptima puede desembocar en flujos poco transparentes, confusos; y lo que es peor, se puede producir una falta de rendimiento del proceso, de manera que el propio flujo se convierta en una fuente de desperdicio dentro de la cadena productiva.

Para hacer frente a éstos problemas, surge el concepto de Solución Logística. Se define la Solución Logística como el método más eficiente para la distribución de material desde el proveedor hasta el punto de uso en un tiempo especificado, bajo un estándar de calidad y con el menor de los costes.

Es en esta definición donde pueden aplicarse las nociones vistas hasta ahora, bajo una estandarización y metodología acordes con el sistema productivo. Sistemas a pruebas de errores, análisis de flujos de valor (*VSM*) en el transporte, módulos de Gestión Visual, etc. son perfectamente compatibles con las especificaciones de necesidad de material del cliente, y la forma por la cual se le suministran.

Además, con las nociones adquiridas sobre Mejora Continua se tiene la seguridad de que los sistemas se irán adaptando con el paso del tiempo a las nuevas condiciones del entorno del sistema productivo, aportando mayor valor añadido al producto final.

7.2.1 Desarrollo de la Solución Logística

Un estudio necesario de los requerimientos del cliente, y la forma de satisfacerlos es crucial en el momento del diseño de un sistema logístico.

A grandes rasgos, el nuevo sistema logístico diseñado en Airbus va a soportarse sobre unos conceptos clave, que son:

- Estandarización.
- Entregas Justo a Tiempo (*JIT*).
- Gestión Visual.
- Módulos a Prueba de Errores.
- Mantenimiento en el tiempo a través de Auditorías (Mejora Continua).
- Implantación de sistemas *Supermercado*.

Como puede observarse, éstos conceptos mantienen cierta analogía con los módulos anteriores expuestos en el proyecto. Y no es casualidad: la Solución Logística diseñada

no puede ir ajena al nuevo sistema productivo implementado, sino que debe estar en consonancia con el mismo, ajustándose en todo momento a sus necesidades.

Para este ejercicio es vital otra cuestión, la cual no ha sido abordada hasta ahora: involucrar a los proveedores en el sistema. Es absolutamente ineficaz tener un buen sistema logístico interno dentro de la factoría, si el suministrador principal no entrega las piezas necesarias, o sus entregas no se efectúan en las fechas planificadas. De este modo, se debe prestar especial atención a las negociaciones en términos de cantidad de elementos y plazos de entrega con el proveedor. En Airbus, dicho compromiso se verá formalizado a través del departamento de Cadena de Suministro (Supply Chain).

Una vez definidos los principios sobre los que se fundamentará la nueva Solución Logística, el proceso de diseño es completamente análogo al planteado en el Despliegue de la Política: cómo es el proceso desde que surge una idea hasta que es implantada en todos los niveles organizativos.

De este modo, la estructura definida es la siguiente:



Figura 7. 4 Estructura de Implantación

A continuación se describen cada uno de los módulos que la integran, que son los pasos necesarios a seguir para culminar con éxito la tarea de implantación del sistema logístico.

1. **Creación de la Visión:** es este primer paso el objetivo es transmitir “en cascada” los ideales sobre los que se fundamentará el sistema logístico, a través de toda la compañía. En esta etapa es donde se deben recoger y evaluar los conceptos clave sobre los que se soporta la nueva Solución Logística, expuestos anteriormente.
2. **Decisiones Estratégicas:** la toma de decisiones estratégicas llevan consigo el desarrollo de la política y la planificación del área de negocio. Definir cómo se va a proceder para aplicar las ideas expuestas en la Visión es el objetivo de este

segundo paso, en donde se deben acordar objetivos, plazos, responsabilidades, etc. Se asignan los proyectos, así como un sistema eficaz de medición, control y seguimiento de los mismos a nivel global.

3. **Política Operativa:** en esta etapa, se debe establecer el nexo entre la planificación estratégica, y el modo de conseguir los objetivos se plasmen a niveles inferiores. Sintetizando, en esta etapa se van a definir los conceptos clave del nuevo sistema logístico: la filosofía *Just in Time*, Trabajo Estándar, Gestión Visual y la Mejora Continua.
4. **Gestión y Organización del puesto de trabajo.** Se especifican cómo debe ser organizada la planta para alcanzar los conceptos operativos definidos en la etapa anterior. La formación y adecuación de los niveles inferiores es vital para conseguir los objetivos. No hay que olvidar la importancia de mantener los objetivos definidos, mediante auditorías del departamento, e indicadores clave de eficiencia actualizados con una rigurosa planificación. La comunicación entre los distintos niveles debe ser fluida, para que los problemas y posibles mejoras puedan ser estudiados y solucionados.
5. **Estandarización.** La base para mejorar las actividades realizadas es la estandarización de todos los procedimientos, al igual que se vio en el capítulo correspondiente al Trabajo Estándar mediante el empleo de las Hojas de Operación Estándar (*SOIS*). Sistemas a pruebas de errores, señales *Kanban* para la reposición de elementos, etc. son mejoras que surgen de la estandarización, y pueden ser aplicadas a diversas áreas de producción. Además se deben definir parámetros como los niveles de stock, frecuencias de reposición, etc.

7.3 FLUJO CONTINUO Y SISTEMAS PULL

En este apartado se van a relacionar los conceptos estudiados en capítulos anteriores, relativos al diseño de la línea de fabricación, para poder establecer analogías con el nuevo modelo logístico planteado.

El objetivo es que la Solución Logística se adapte a los requisitos del sistema productivo, por lo cual es necesario comprender en qué medida afectan dichos conceptos a las funciones que desarrolla el departamento de Logística.

7.3.1 Flujo Continuo

Dentro de una factoría existen varios tipos de flujos. Debido a su importancia, cabe destacar tres de ellos: materiales, personas e información.

El objetivo del nuevo Sistema Logístico es hacer una consecución lógica de tareas, la cual asegure que el producto evolucione desde el lanzamiento del diseño hasta la entrega al cliente sin retrasos.

Una de las palabras clave sobre las que se basa el nuevo sistema es la creación de Flujo Continuo: es decir, que entre dos procesos se establezca una secuencia ininterrumpida de operaciones que permita fabricar de manera más eficiente. De este modo, las actividades que forman la cadena de valor del producto podrán adquirir mayor potencial, lo que se traduce en valor añadido del mismo

El Flujo Continuo es el estándar de fabricación, y debe ser la prioridad a la hora de concatenar las actividades de la cadena de valor de las piezas. El ideal es establecer un Flujo Continuo pieza a pieza (**OPF**, *One Piece Flow*), de manera que a lo largo del proceso no existan interrupciones de flujo.

Sin embargo, y dadas las restricciones propias de un sistema productivo (mano de obra, tecnología, cadencia de producción, etc.) en ocasiones se debe recurrir al Flujo Intermitente. Este flujo, también llamado Flujo por Lotes, fabrica un número de unidades determinado, sobre las que se realizan una serie de operaciones, para luego proceder a la fabricación de otro lote diferente del primero, y de esta manera conseguir satisfacer la demanda.

Independientemente del flujo implantado, también es importante adecuar la producción al *Takt Time*, para no incurrir en la Sobreproducción y tener en todo momento presente cuál es la demanda de piezas del cliente.

Los beneficios de la creación de Flujo Continuo se traducen en:

- Reducción del desperdicio (no sobreproduce, y evita el almacenamiento)
- Reducción del *Lead Time* de fabricación del componente.

- Creación de un sistema de fabricación flexible, capaz de adaptarse a los cambios de demanda del cliente.
- Adquisición de un alto grado de estandarización del proceso, repercutiendo de manera positiva en la calidad del producto.

7.3.2 Sistemas Pull

El inconveniente de los procesos de Flujo Continuo es, como se ha demostrado, que no en todos los ámbitos pueden ser aplicados. Para hacer frente a la demanda de productos en Airbus, se define un nuevo sistema de producción: el sistema *Pull*.

El concepto *Pull* es otro de los métodos de programación del sistema productivo, de modo que se ajusten los procesos de acuerdo a las necesidades.

Los sistemas *Pull* son empleados donde no es posible el establecimiento de un Flujo Continuo, debido a que son capaces de unir los procesos, nivelando la producción y suministrando únicamente lo que la fabricación necesita.

Los principios de un sistema *Pull* son los siguientes:

- Plasmar el concepto Justo a Tiempo, de la siguiente forma:
 - Suministrar únicamente lo que la línea de montaje necesita.
 - Suministrar únicamente cuando la línea de montaje necesita elementos.
 - Suministrar únicamente la cantidad que la línea de montaje necesita.
- Utilizar métodos estándar de comunicación entre procesos (operaciones de reposición, petición de material,...)
- Disminuir en la medida de lo posible los niveles de inventario (stock, inventario en curso, productos acabados, etc.)

7.3.3 Diferencias entre Push y Pull

El sistema antiguo que se empleaba en la factoría de Airbus correspondía con la filosofía *Push*. *Push* (que traducido de la terminología inglesa significa “empujar”) tiene como objetivo la producción constante de elementos, obviando en general los requerimientos del cliente. La fabricación “empuja” la demanda de material, de modo que se van fabricando piezas sin tener en cuenta los procesos posteriores.

Una frase que ilustra a la perfección la filosofía *Push* es la siguiente:

“Como podremos tener problemas, vamos a producir en exceso por si acaso”

Este método productivo choca de manera frontal con la nueva filosofía de Airbus. Sin embargo, de no ser por la existencia de un sistema de fabricación obsoleto, no se podría haber implantado el nuevo sistema de producción partiendo de cero.

La pregunta entonces, es la siguiente: ¿cómo surge un sistema *Push*?

- Primero se hace una planificación, partiendo en la mayoría de los casos de un pronóstico inexacto sobre las entregas a clientes.
- La fabricación diaria de los elementos del avión goza de una enorme variabilidad. Ésta variabilidad es causada por el desconocimiento de ciertos aspectos del sistema productivo: fuentes de desperdicio, *Lead Time*, tiempos de microoperaciones, alta defectología, falta de estandarización, etc.
- El nivel de producción considerado como “adecuado” se obtiene a lo largo del tiempo, a través de modificaciones en la cadencia de producción para alcanzar el nivel de stock adecuado que satisficiese la demanda.

El proceso de diseño de un sistema *Push* está repleto de desventajas, y debido a su obsolescencia está dejando de implantarse en la mayor parte de las factorías. Aquellas que aún conservan éste método productivo, deben enfrentarse a los siguientes inconvenientes:

- Se fabrica más para tener stock frente a posibles problemas.
- Se pueden dar situaciones de sobrecarga, debido a que se trabaja a un ritmo de producción elevado para satisfacer la demanda del cliente (la cual no se había previsto, o ha evolucionado a nuevos niveles).
- La presión se concentra en las etapas finales del proceso productivo, y pueden originarse cuellos de botella entre los procesos intermedios.
- Aumenta el nivel de inventario no necesario: entre sub-procesos, inventario en curso, stock de piezas terminadas,...
- Se incurre en la Sobreproducción, una de las mayores fuentes de desperdicio como se verá en el capítulo 9.

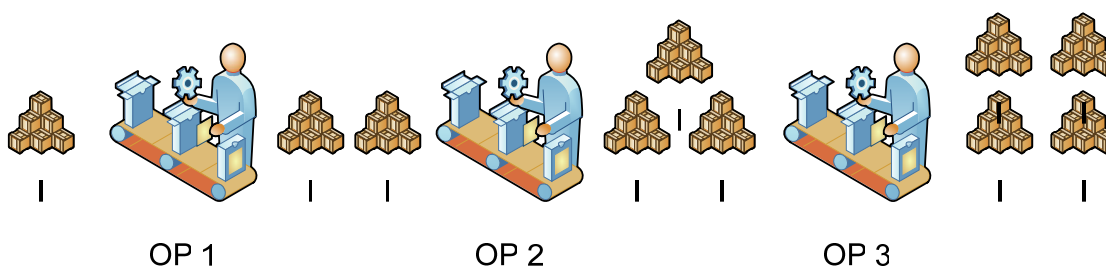


Figura 7. 5 Push y sobreproducción

Para abordar la etapa de diseño del nuevo sistema de abastecimiento, se van a retomar las nociones adquiridas de los sistemas *Pull*.

Mientras que, como se ha descrito, en el sistema *Push* el objetivo es la mera producción (sin tener en cuenta desde el principio los requisitos del cliente), el *Pull* tiene una filosofía distinta: no es la producción quien “empuja” la demanda, sino que es la demanda (el cliente) quien “tira” de la producción.

El sistema *Pull* concebido va a trasladar la demanda del cliente “aguas arriba” del proceso, adaptándose de una manera flexible a sus necesidades.

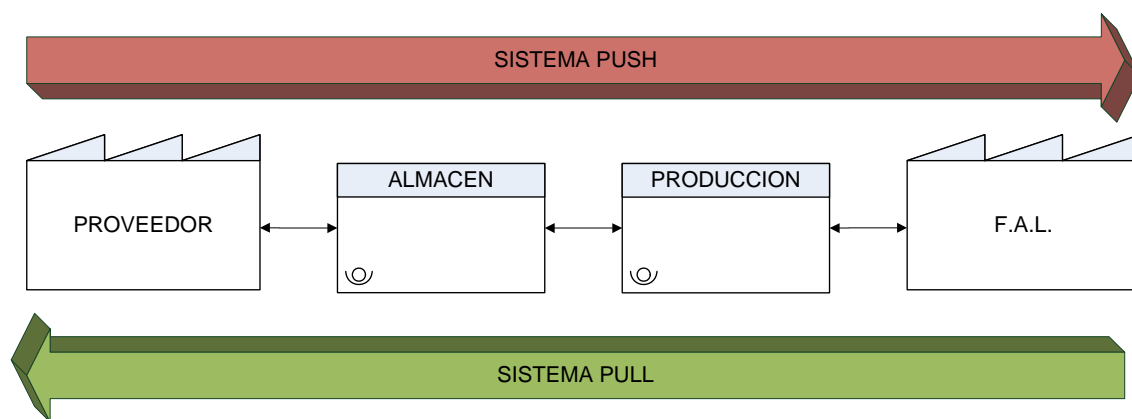


Figura 7. 6 Diferencias entre Push y Pull

De este modo sólo se van a producir los elementos que el cliente requiera, dejando atrás la sobreproducción y las actividades que no añadan valor al producto. La eficiencia de éste método está haciendo que poco a poco los antiguos sistemas, tanto de producción como de abastecimiento de piezas implantados en Airbus sean revisados de acuerdo con la nueva filosofía, aplicando los conceptos de Flujo Continuo y sistemas *Pull* en todas las etapas que sean posibles.

En cuanto al módulo de Logística se refiere, la implantación de sistemas *Pull* se lleva a cabo mediante la creación de un concepto llamado “*Supermercado*”.

Durante el ejercicio de creación de los Mapas de Flujo de Valor, intervinieron varios símbolos. Uno de ellos, el que se refiere a Supermercado, se representa de la siguiente manera:

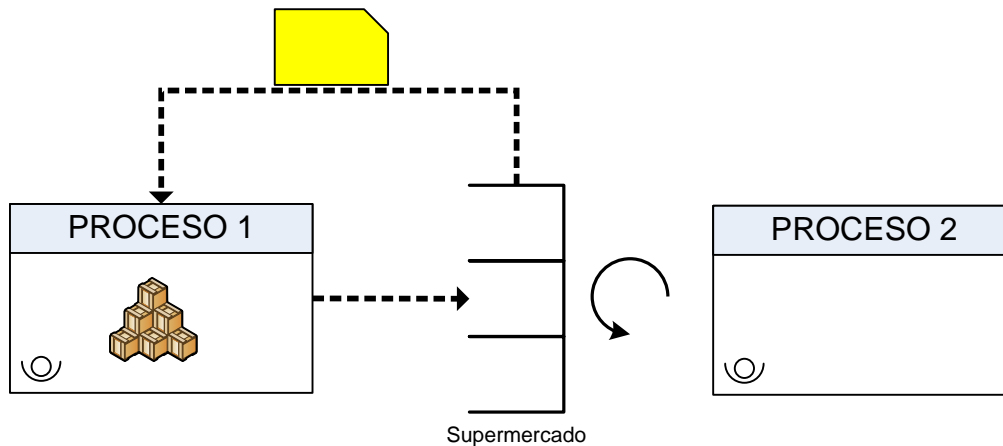


Figura 7.7 Concepto Supermercado

El Supermercado se conoce en terminología inglesa como “*Shop Stock*”

El concepto de Supermercado es sencillo: se habilita físicamente una zona donde se ubica el material para ser utilizado. La cantidad de material en el Supermercado viene determinada por el stock mínimo para cubrir la demanda hasta su reposición.

Una vez que el cliente, en el punto de uso necesita cubrir una necesidad, vacía un “hueco” del Supermercado, poniendo de manifiesto un espacio vacío que indica que se ha consumido un material.

El espacio vacío genera una señal, visual o informática, denominada “*Kanban*” (según la terminología japonesa). Ésta es una de las ventajas del método *Pull*: se genera una comunicación entre los procesos, debido a que hace visible la necesidad del cliente.

De este modo, en cuanto es visible el hueco vacío, de inmediato se repone únicamente lo que el cliente ha consumido.

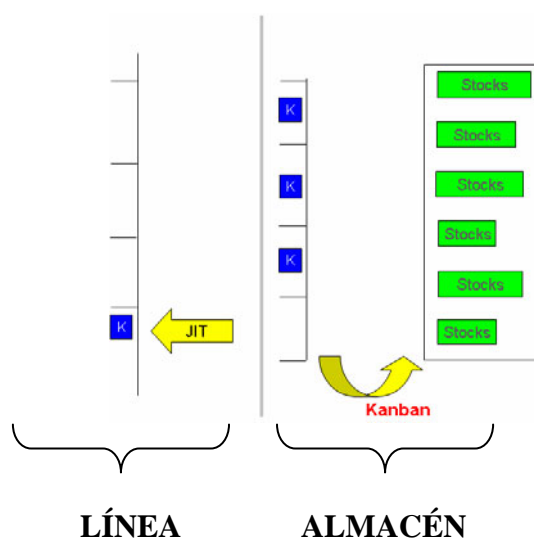


Figura 7.8 Sistema de Reposición

En el Supermercado sólo se repone material cuando es consumido, y no se consume material hasta que el cliente lo requiere. Se evitan así problemas de sobreproducción, y además el modelo planteado puede adaptarse con flexibilidad a la demanda variable del cliente.

Sin embargo, la principal ventaja del empleo de un sistema *Pull* es que expone de manera eficaz las causas fundamentales de errores de un sistema productivo. Dichas causas eran anteriormente camufladas bajo un sistema cuyo único objetivo era la mera producción. Sin embargo, mediante una sencilla analogía como muestra el siguiente esquema, es fácil comprender las fuentes de error intrínsecas dentro de una factoría:

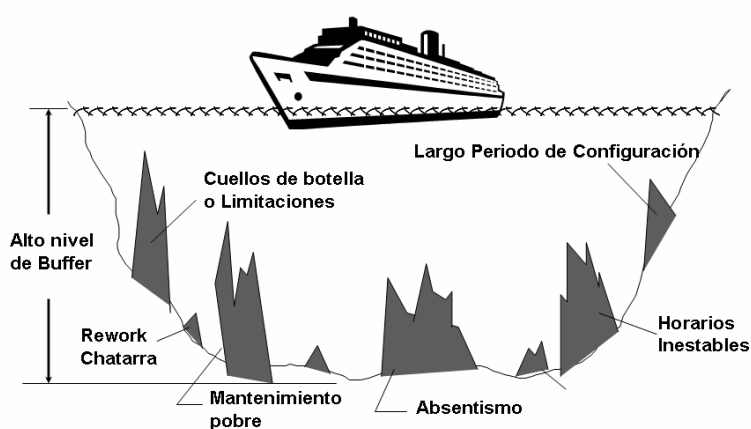


Figura 7.9 Causas de ineficiencia

Si se compara el nivel de agua con el nivel de inventario de reserva (*Buffer* en terminología anglosajona), se deduce que un método rápido para comprobar la eficacia del sistema es disminuir progresivamente el nivel de dicho inventario. El antiguo sistema mantenía unos niveles altos, los cuales permitían que los defectos pasasen desapercibidos. Se producía “por si acaso”. Sin embargo, al ir bajando el nivel de inventario, se consigue “tensar” el sistema, y pueden aflorar las verdaderas causas que impedían ser eficientes de cara a la producción y abastecimiento.

7.3.4 Implementación del sistema Pull

La implantación de un sistema *Pull* es un proceso laborioso, que requiere de una cuidada organización y estudio para un diseño eficaz del mismo. Hay que tener en cuenta en todo momento que el objetivo principal es la adaptación a las necesidades del cliente, por lo cual se deben tener claros sus requisitos, ya que el cliente sólo estará dispuesto a pagar por aquello que añade valor al producto.

A continuación se proponen una serie de pasos que ilustran el proceso de implantación de los sistemas *Pull*.

1. **Análisis detallado del estado actual:** entender el sistema. Se debe hacer un estudio para comprender la situación presente, y ver las potenciales ideas de mejora. Es necesario determinar factores como la cadencia de producción, tipos de piezas, principales suministradores, flujos logísticos, etc.
2. **Identificación de los bloqueadores del *Pull*:** ¿cuáles son los problemas que obstaculizan la implantación?. En este apartado se deben recoger las ideas, ventajas y desventajas del sistema actual, es decir, la “voz del cliente”. Además se tienen que identificar los elementos críticos que pueden provocar errores en el nuevo sistema.
3. **Determinación de la estrategia de programación del cliente:** variabilidad de la demanda, plazos de entrega, condiciones de negociación y términos del contrato, posibles concesiones, etc.
4. **Establecer el proceso de comunicación:** entre los diferentes niveles organizativos (flujos verticales), y dentro de los grupos de trabajo (horizontalidad). Involucrar a principales proveedores dentro del proyecto, y establecer flujos de información rápidos, sin lugar a ambigüedades.
5. **Formación y entrenamiento de las personas en el Sistema *Pull*.**
6. **Definición** de niveles de inventario, ubicaciones del mismo y diseño de Supermercados.
7. **Aplicación de filosofía *Pull*:** comenzar con el cliente, y trasladar su demanda aguas arriba del proceso productivo.

El sistema de abastecimiento actual en la línea de fabricación del A-320 sigue las doctrinas recogidas en el desarrollo de los sistemas *Pull*. El esquema que sintetiza el flujo de aprovisionamiento logístico corresponde al mostrado en la figura 7.10.

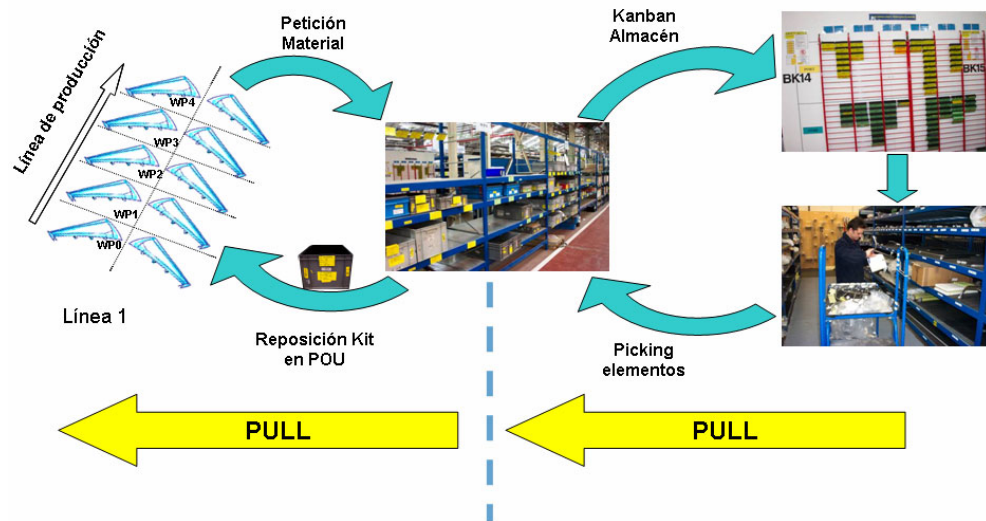


Figura 7. 10 Metodología del sistema Pull

Cuando la línea productiva necesita los componentes para la fabricación de un nuevo elemento, genera una petición al departamento de Logística. La petición se realiza mediante algún tipo de señal *Kanban*. Los operarios del almacén recogen la petición, y preparan los componentes solicitados. Dichos componentes son ubicados posteriormente en planta, ya sea en estanterías, en carros móviles *kits*, etc. Posteriormente el operario accede a los elementos cuando es necesario.

7.4 LOGISTICA Y EL DESPERDICIO

En este apartado se expondrán unas nociones importantes, para poder comprender como el módulo de Logística puede contribuir de manera negativa al sistema productivo, si no se sigue una cuidadosa planificación: en este caso, puede favorecer la generación de actividades innecesarias, las cuales deberán ser consideradas desde el inicio del proceso de diseño de la Solución Logística.

Se puede incurrir en la generación de actividades que no añaden valor al proceso, que se desarrollan sin un buen control del sistema y que generan gastos añadidos. Estas actividades constituyen el Desperdicio. En el capítulo 9 se analizará en detalle el módulo denominado “Los Siete Desperdicios”, que hace referencia a los diferentes tipos de actividades innecesarias que pueden tener lugar en un proceso de fabricación.

El desarrollo del nuevo sistema logístico ha sido posible sólo gracias al conocimiento y la superación de los problemas que han aflorado al implantar la filosofía *Pull*. Gracias a este nuevo concepto, se han visto realmente cuáles eran los factores potenciales que provocaban errores y defectos en las Soluciones Logísticas implantadas con anterioridad.

A continuación se expondrán los desperdicios más desfavorables de un sistema logístico, y los motivos por los que pueden llegar a manifestarse durante la fabricación de un elemento.

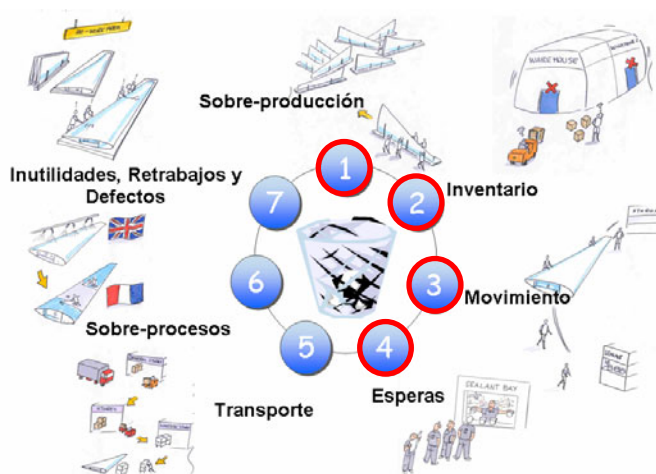


Figura 7. 11 Logística y el desperdicio

1. Sobreproducción.

La sobreproducción de elementos, entendiendo por la misma tanto la producción de más elementos de los necesarios para cumplir las necesidades actuales, como producir a un ritmo de producción más elevado, puede acarrear serios problemas a la Logística.

En concreto, una sobreproducción continuada puede llevar asociada:

- Continuos cambios en las fechas de realización de los pedidos a proveedores, no pudiéndose ajustar a una planificación en firme.
- Exceso de material en planta, sobredimensionando los sistemas logísticos (mayor número de *kits*, ampliación de estanterías y puntos de uso de piezas, etc.)
- Incapacidad operativa para poder abastecer a tiempo a todos los programas (falta de medios materiales y humanos).
- Posibles rotura de stock en los componentes críticos para la fabricación.

Si hay un desperdicio que pueda considerarse altamente desfavorable en una factoría, ése es la Sobreproducción. Hay que evitarlo en la medida de lo posible, haciendo planificaciones reales y previsiones objetivas de la demanda del cliente, y ajustándolas a la capacidad productiva propia de cada programa.

2. Inventario:

El inventario es, en la mayor parte de las ocasiones, un problema difícil de tratar en una factoría. Hay varios tipos de inventario y su influencia afecta en mayor o menor medida al funcionamiento del sistema:

- Inventario de materias primas: es aquel que se aloja en el almacén logístico, a espera de ser despachado a planta bajo una orden de fabricación. Son piezas y material para la fabricación procedente de otros proveedores o de factorías de Airbus.
- Inventario en curso: cantidad total de piezas que están siendo montadas, ensambladas, pintadas, etc. en cualquier línea productiva. Lo ideal es tener únicamente un número de aviones de piezas determinado (para el que se diseña la línea). Sin embargo, en ocasiones, debido a un funcionamiento que se aleja del óptimo, se producen retrasos, re-procesos, piezas con defectos, esperas,... que durante la fabricación afectan al flujo habitual, variando el nivel de inventario en curso.
- Inventario de aviones terminados. Si, como se enunció anteriormente, se sobreproduce más “por si acaso”, el nivel de éste inventario puede elevarse, y generar unos altos costes asociados (preparación de pedidos, movimientos en planta, coste de las inutilidades, etc.). No hay que olvidar que el almacenamiento es un proceso que no añade valor al producto, y debe ser eliminado en la medida de lo posible. De hecho es comúnmente denominado “Mal Necesario”.

Reduciendo el inventario se consigue ajustar de una manera óptima el flujo productivo: se ve rápidamente mediante la analogía con el nivel del agua de la figura 7.9 que el inventario puede esconder problemas que no se han tenido en cuenta, y que pueden afectar en un momento dado al funcionamiento de la producción

3. Movimiento.

Los movimientos, tanto de personas como de materiales en el proceso productivo, son actividades que no añaden valor al producto. En algunos casos son necesarias (por ejemplo, el traslado de un estabilizador a cabina de pintura), pero sin embargo en la mayoría de los casos es considerado desperdicio (movimiento de los operarios a diferentes estanterías para buscar las piezas, esperas en la recepción de materiales,...).

Dentro del sistema logístico son varias las opciones existentes a la hora de reducir movimientos:

- Diseño eficaz del sistema de almacenaje, facilitando mediante medios físicos (estanterías adaptadas a las piezas) e informáticos el almacenamiento de los elementos.
- Proceso de recogida de material para preparación de pedidos (Picking) rápido y efectivo, ya que en ocasiones éste proceso puede ser un cuello de botella en la fabricación debido al gran número de elementos que forman un pedido. Dado que la necesidad de mano de obra es elevada, en algunos casos puede ser viable la adaptación de medios automatizados para la realización de ésta tarea.
- Formación de *kits* en el almacén logístico para su posterior traslado a planta, de modo que se le facilite al operario la labor de búsqueda de elementos. Si además, las piezas despachadas pueden situarse cerca del punto de uso, se reducirán movimientos por parte del personal de producción. Se deben identificar los componentes de un *kit* de una manera clara, potenciando su visibilidad y reduciendo el error humano.
- Establecimiento de sistemas de reposición de elementos en planta efectivo. Para reducir movimientos y esperas, puede ser de bastante utilidad la aplicación de métodos tipo Rutas Lecheras (*Milking*), los cuales establecen una secuencia de reposición programada de los distintos puntos de abastecimiento, minimizando los continuos traslados de material a planta.

No hay que olvidar que un exceso de inventario genera, a su vez, un exceso de movimiento, debido a que los elementos (tanto en proceso como acabados) deben ser trasladados a diferentes ubicaciones para no interrumpir el flujo habitual de la línea productiva, almacenados antes de ser enviados al cliente, etc.

4. Esperas

Un sistema logístico ineficaz puede incurrir en importantes fuentes de esperas entre procesos. Si no se diseña un sistema eficaz de entrega de materiales al punto de uso, se pueden retrasar los trabajos de Producción, desequilibrando el sistema de fabricación y alargando el *Takt Time*.

Muchas veces en la propia espera para la reposición están implícitos una serie de errores, pero dichos errores son “invisibles” desde fuera del departamento logístico. Es decir, un retraso en el despacho de un nuevo pedido puede verse afectado por una serie de factores, como el tiempo que tardan los operarios del almacén en buscar una serie de componentes, el tiempo de formación de los *kits*, la secuencia de reposición de los diversos puntos de uso en planta, la gestión de las piezas en falta,...

El objetivo es hacer “visible” todas las posibles fuentes de esperas, para que de éste modo se pueda actuar sobre ellas.

Incluso un sistema de comunicación eficaz, con señales de aviso tipo *Kanban* es un eficaz método para reducir el periodo de tiempo desde que se termina el stock de un determinado material hasta que es repuesto.

El proveedor de materias primas también juega un papel importante en este desperdicio, ya que sólo se puede asegurar una entrega puntual teniendo un sistema eficaz de gestión de envíos. En un avión se montan piezas de diferentes proveedores, tales como piezas elementales, tubos, equipos, normales,... Sólo mediante un diseño adecuado y la coordinación de los flujos de mercancías se asegura que todos los componentes estarán disponibles para ser montados en el avión en el preciso momento de la necesidad por parte de producción, adecuándose de manera flexible a la cadencia (*Takt*) y según los requisitos del propio cliente.

7.5 PROYECTOS ACTUALES

En la actualidad, Airbus tiene en fase de estudio e implementación numerosos sistemas de abastecimiento logístico para todos sus programas. Dada la eficiencia de los conceptos expuestos a lo largo del capítulo, en este apartado se presentará la Solución Logística diseñada para el programa del Airbus A-320.

Tras el estudio de los beneficios del método planteado, se está en fase de implantación de dicho método en otros programas, como el A-330, A-340/600, y la sección 19 del A-380

Todo proyecto empieza con una serie de cuestiones previas, a las que se debe contestar para analizar y entender la situación actual, y de este modo poder aplicar mejoras en la misma.

El objetivo de la implantación de un nuevo método logístico en la fabricación del A-320 es conseguir una gestión eficaz de los materiales, y adecuar la fabricación del estabilizador conforme a los requisitos del cliente.

De este modo, la cuestión principal que se debe plantear al inicio del proyecto es la siguiente:

“¿Cómo es el suministro actual de las piezas?”

La cuestión, como se verá a lo largo de este apartado, no es en absoluto trivial: de ella depende la optimización de las entregas de componentes a la planta, y de que no se produzcan los tan desfavorables desperdicios en el sistema productivo.

Para resolver ésta pregunta, a su vez surgen otra serie de premisas, que son el fundamento de la nueva solución planeada:

- ¿Se suministran las piezas en la cantidad necesaria?
- ¿Se suministran las piezas en el punto de uso requerido?
- ¿Se suministran las piezas en el momento preciso de uso?
- ¿Se suministran las piezas en el orden que se necesitan?

7.5.1 Sistema Logístico del A-320

Tras el estudio de la situación inicial de la logística en la línea de montaje del A-320, se esbozaron las directrices definirían el nuevo proyecto piloto.

La ejecución y posterior implantación se llevaron a cabo tras una serie de etapas, en las cuales participaron diversos departamentos, como ingeniería, calidad, producción, etc.

Seguidamente se exponen los pasos que definieron el nuevo modelo logístico.



1. Definición de los puestos de trabajo.

Se estudiaron en detalle cada una de las fases de las que consta la producción del estabilizador del A-320, que en concreto son cuatro, para ver el alcance del proyecto.

Cada fase a su vez está formada por un conjunto de operaciones, las cuales tiene diversos *Lead Times*.

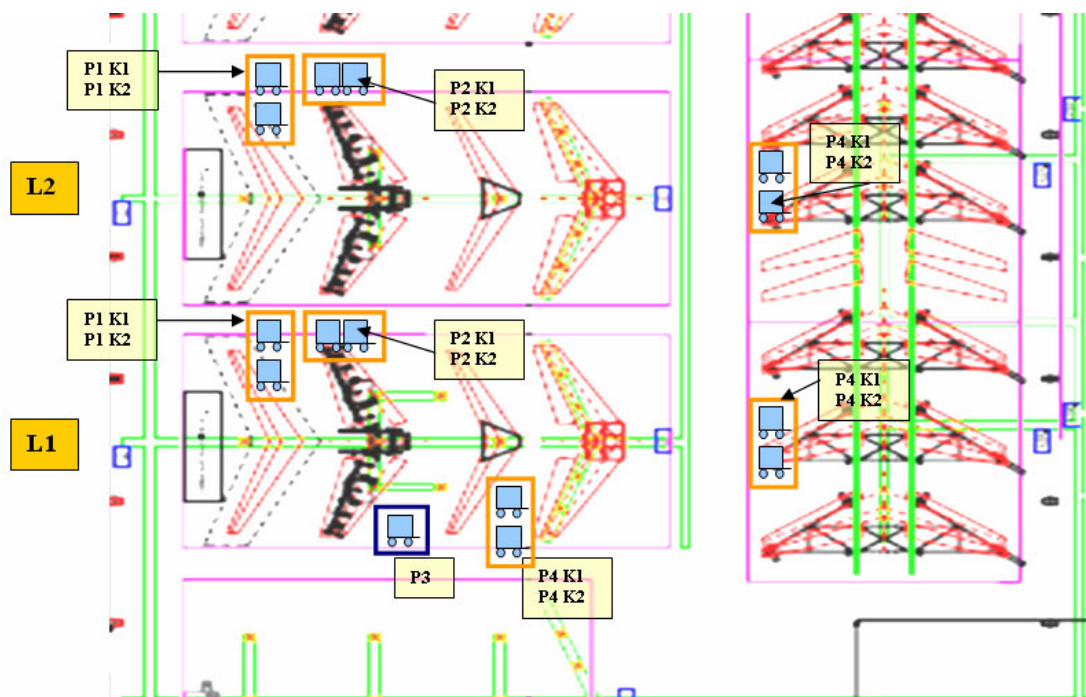


Figura 7. 12 Línea Piloto del A-320

En esta etapa es de vital importancia el uso de las Hojas de Operación Estándar (*SOIS*) para adecuarse al proceso óptimo. Ya que las *SOIS* indican cómo se desarrolla el proceso de manera ideal, constituyen el mejor punto de partida para comprender cómo es la fabricación de un determinado elemento: qué operaciones se realizan, cuándo y dónde van a ser ejecutadas, el tiempo entre operaciones consecutivas, etc.

2. División de las operaciones

Se analizaron cada una de las operaciones (sub-fases) que tienen lugar en las cuatro fases de montaje, observando las piezas necesarias en cada una de ellas.

Asimismo, se estudió el orden en el que se desarrollaba cada una de las etapas, y si podían desarrollarse operaciones en paralelo. El modo que tenía el operario de ir a buscar las piezas, y su orden al agruparlas y ser ensambladas es crucial en esta etapa de la definición.

Hay que tener en cuenta que en una fase podían intervenir piezas de diferentes órdenes de fabricación, y las órdenes no tenían necesariamente por qué ser consecutivas. De este modo, algunas de las piezas pertenecientes a la Fase 3 de montaje podían ser despachadas en la Fase 2 bajo requerimiento del personal de producción, ya que en ocasiones eran necesarias para ser tratadas previamente, o ser pre-montadas con anterioridad antes de ser enviadas a fases siguientes.

3. Asignación de *kits*.

Posteriormente, se agrupan las piezas que deben ir asignadas en cada etapa del proceso, recogiendo los comentarios proporcionados por los operarios. Se van a suministrar los elementos por operación, respetando las secuencias de trabajo.

En este punto, es cuando se analizan las diversas opciones de formación de *kits* disponibles. En el caso del A-320, se establece el método de carros de piezas, en los cuales se ubicarán los elementos a montar en cada etapa. El número de carros en cada fase puede variar en función del número de componentes, su tamaño y secuencia de montaje.

Tipología de los carros.

En cada etapa se diseñan carros específicos para las piezas que deben ser alojadas en el mismo. De este modo, las formas de ubicar los componentes en el carro son:

- Piezas grandes: se ubican tanto en soportes inclinados con peine (como es el caso de los largueros y las T de titanio), y también pueden ir alojadas en bandejas estándar de gran tamaño.
- Piezas pequeñas: hay múltiples opciones para su ubicación: cubetas de pequeño tamaño, módulos de cubetas transparentes abatibles, en las baldas horizontales del carro, sobre un piso de poliespán en el que se dibuja la silueta de la pieza...
- Tuberías: se alojan de forma vertical en los carros, sujetas mediante abrazaderas y/o velcro para evitar caídas.
- Cajas de cartón: debido a los tamaños variables, se pueden alojar sobre las propias bandejas horizontales de los carros.

Todos los carros gozan de etiquetas con los números de identificación de las piezas, para hacer más fácil la labor de búsqueda de las mismas, tanto por parte de los operarios de producción como a la hora de ser repuestos por el personal de logística.

Además, cada carro es identificado con una etiqueta grande, en la que figura el puesto al que va destinado, y el número identificativo del avión al que pertenecen las piezas. De este modo se evitan errores, y no se intercambian piezas entre diferentes carros.



Figura 7. 13 Tipos de carros en el A-320

4. Definición de sistema de reposición.

De acuerdo con el Ritmo de Producción, y el *Lead Time* en cada sub-fase del montaje se debe establecer un método eficaz para la reposición *Just In Time* de los *kits* en planta.

El sistema debe seguir la filosofía *Pull* definida al principio del proyecto, por lo cual sólo deberán reponerse aquellos carros que han sido completamente consumidos, y se tenga la necesidad real de componentes para un siguiente pedido.

El estado del propio carro (vacío/lleño) es la señal que comunica a los operarios de logística la necesidad de reposición: de este modo la señal *Kanban* es el propio *kit*. Dependiendo del programa, la cadencia de reposición es diferente. En lo que al A-320 se refiere, de media suelen producirse dos reposiciones al día, por lo cual es necesaria

una coordinación eficaz entre los requerimientos de producción y los medios disponibles para realizarlos.

Dada la alta cadencia de éste programa, para reducir tiempos de preparación y expedición se cuenta en el almacén con un buffer de dos carros por puesto preparados (un día de fabricación), y de este modo se agilizan las prioridades a la hora de preparación de pedidos entre los diferentes programas (de no ser así, el A-320 tendría un alto consumo de recursos logísticos).

7.5.2 Flujo Logístico del A-320

A modo de resumen del proyecto implantado, se muestra la secuencia logística en la línea del A-320, desde que se genera una necesidad por parte de producción hasta que el almacén está en disposición de suministrar los pedidos posteriores.

Cuando es necesario fabricar un nuevo estabilizador, se ocupa un puesto en la primera estación de la línea productiva, denominada Fase 1. En el almacén existe un buffer con carros para cada una de las estaciones de trabajo, preparados para usarse cuando sean requeridos (en el estado inicial, el Supermercado del almacén estaría completo).

En el momento que el estabilizador se encuentra listo para empezar a trabajar, se genera una orden de producción, y un *kit* se despacha a la primera posición.

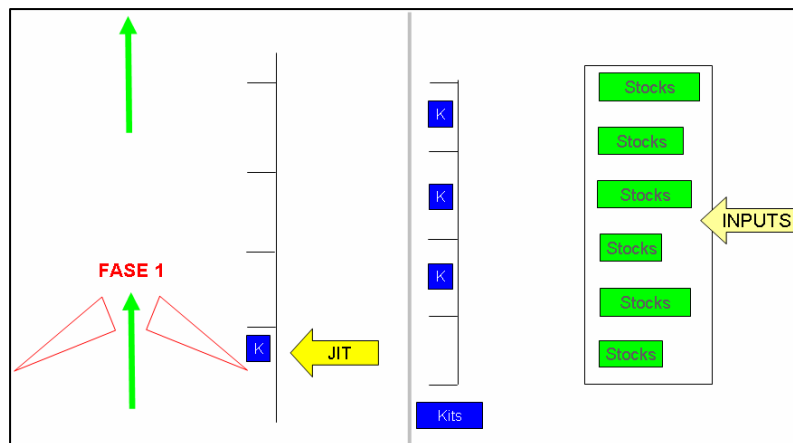


Figura 7. 14 Despacho inicial de kits

En este momento, en el Supermercado del almacén se genera un hueco vacío, y como se ha definido anteriormente, el hueco representaría la propia señal *Kanban* de reposición. Dentro del almacén se genera una necesidad de *kit*, y se repone mediante un nuevo carro con el material correspondiente a la Fase 1.

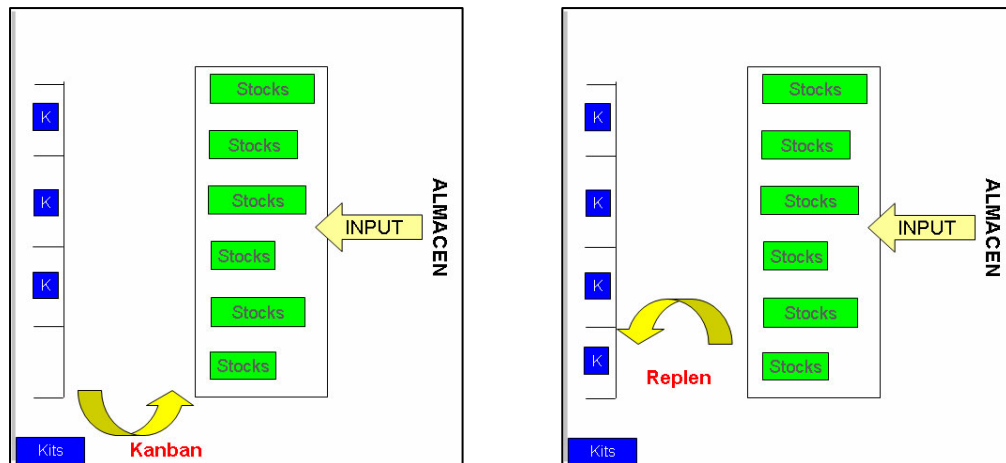


Figura 7. 15 Reposición del primer kit

Una vez que sobre el estabilizador han finalizado las operaciones correspondientes a la primera fase, se mueve a la segunda estación de trabajo, Fase 2. Este movimiento, si la línea está totalmente equilibrada, coincidiría con el *Takt Time*.

El *kit* de la estación anterior estaría totalmente consumido (carro vacío), por lo cual se generaría una señal de recuperación al almacén. Al mismo tiempo, se genera una necesidad de *kit* en la estación actual, por lo cual el almacén suministraría un carro a dicha fase de trabajo. El hueco que quedaría libre en el almacén es automáticamente rellenado con un nuevo *kit*.

No hay que olvidar que mientras que el estabilizador actual ha pasado a la Fase 2, un nuevo estabilizador ha pasado a ocupar la Fase 1 de montaje, por lo cual debe reponerse en planta un nuevo carro perteneciente a la Fase 1 de trabajo.

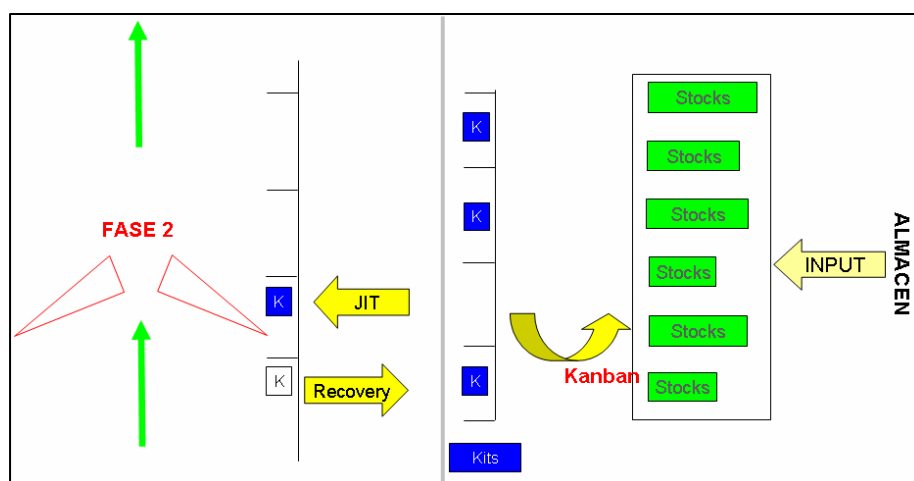


Figura 7. 16 Despacho y recuperación de kits

Siguiendo el modelo planteado, al final, cuando el estabilizador se encuentre en la última fase de montaje (Fase 4), en la línea de fabricación existirán tres estabilizadores adicionales, uno en cada fase de montaje. Cada vez que se cumpla el Ritmo de Producción, se generarán de esta manera una orden de retirada de carro vacío en cada posición (cuatro órdenes en total), y dichos carros serán repuestos por carros nuevos para los siguientes aviones.

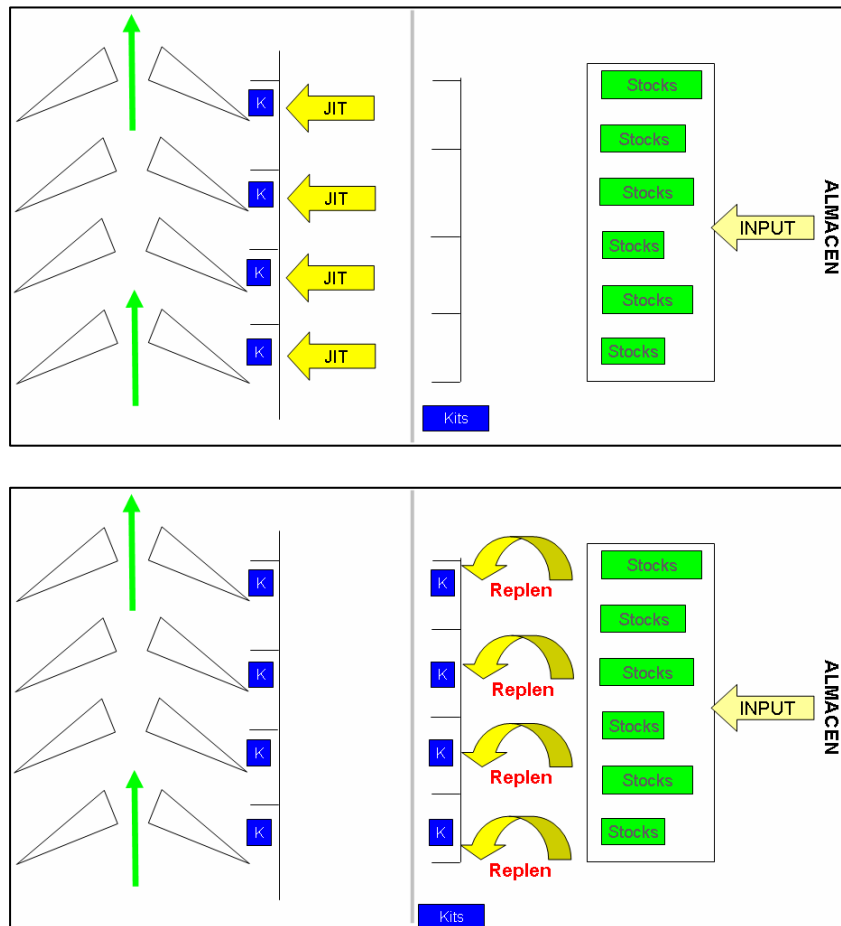


Figura 7. 17 Despacho completo de kits

7.5.3 Beneficios

El empleo de carros de piezas para poder agrupar los elementos, llevarlos a planta y trabajar con ellos ha sido una decisión consensuada con todos los departamentos. Son varias las ventajas de este sistema (el cual sustituye en gran medida a las obsoletas estanterías), y entre ellas cabe destacar las siguientes:

- Mediante los carros se obtiene el sistema *Pull* de cara a la fabricación, debido a que sólo se sirve material cuando realmente se necesita.
- Los carros proporcionan las piezas necesarias para la fabricación, y en la cantidad requerida. Se evitan derroches de material.
- Facilitan la reposición (los operarios del almacén tardan poco tiempo en habituarse a completar carros), y el propio carro sirve de señal de aviso *Kanban* para indicar que es necesario un nuevo *kit*.
- Disminuyen el tiempo de reposición. Es más fácil completar un carro en el almacén, y posteriormente lanzarlo a planta cuando es requerido, que llevar desde el almacén a planta todos los elementos, para luego ser ubicados allí en estantería y cubetas distribuidas en diferentes puntos de uso.
- Mejora la gestión visual. Mediante los carteles identificativos se conoce con rapidez para que avión está destinado el *kit*, y se puede conocer a simple vista si falta alguna pieza en el carro.
- Mejoran la gestión y flujos de material: evitando movimientos a los operarios (el carro puede trasladarse hasta el lugar de trabajo,), y necesita menos espacio que una estantería convencional para tener el mismo número de piezas.
- Es ergonómicamente más adecuado que otros métodos, y las piezas pueden ser ordenadas en el mismo según las necesidades de los operarios de producción (bandejas, baldas de poliespán, cubetas transparentes,...)

7.6 RESUMEN

La concepción y desarrollo de la nueva Solución Logística aportada a la línea productiva del A-320 se plasma en una serie de sustanciales ventajas para la fabricación.

Sintetizando las ideas recogidas en el capítulo, se puede afirmar que el nuevo sistema cumple con los requisitos sobre los que estaba fundamentado: proporcionar las piezas necesarias para la fabricación, en la cantidad adecuada y en el momento justo cuando se necesitan.

El fin último del sistema es entender y satisfacer las necesidades del cliente: en este caso, dicho cliente es Producción, y si se tiene en cuenta a los destinatarios desde el inicio de la concepción del sistema, se consolida una sólida base para culminar con éxito la implantación. Se pueden detectar a tiempo problemas característicos que surgen diariamente en la fábrica, y concebir una solución a prueba de errores, en donde la comunicación fluya de manera transparente entre el proveedor y el cliente.

La implantación del sistema logístico ha conseguido que en la línea del A-320 se produjeran una serie de beneficios cuantificables sobre la situación anterior.

- 80% reducción en manipulación y traslado de material.
- 56 % de reducción de tiempos de preparación de pedidos
- 15% reducción de material en curso
- Todo esto se traduce en un 40% de mejora en la productividad del nuevo sistema logístico
- 11% de reducción en tiempos de puesta en marcha de proyectos y asignación de nuevas tareas.

Asimismo, la disponibilidad de buffer de *kits* en el almacén logístico otorga una protección adicional al cliente, y puede suplir necesidades puntuales ante situaciones de sobreproducción.

Además, por el propio diseño hace que el sistema logístico sea capaz de adaptarse a la variabilidad entre los diferentes sistemas productivos, plasmando las cualidades de flexibilidad propias de un sistema *Just In Time*.

Todos los beneficios mencionados, además, se consiguen gracias a una eficaz gestión y control visual de la gran parte de los parámetros que intervienen en el sistema, bajo auditorías constantes que ponen de manifiesto el alcance de las mejoras y el nivel de estandarización del sistema de acuerdo con la filosofía de Airbus.



Capítulo 8. **GESTIÓN DEL PUESTO DE TRABAJO**



“Convierte tu lugar de trabajo en un escaparate que pueda ser fácilmente entendido por cualquiera de un vistazo. Cuando esto esté hecho, los problemas pueden ser descubiertos inmediatamente, y todos pueden iniciar planes de mejora”

Taiichi Ohno

Esta frase, que inicia un nuevo capítulo dentro del proceso de implantación del nuevo sistema productivo de Airbus, pone de manifiesto la importancia de tener un entorno de trabajo visual: no sólo se pone se resaltan las **mejoras** implementadas de cara al cliente, si no que adoptando esta postura se obtiene un **beneficio** en la producción, ya que ayuda a resolver problemas que puedan ocurrir durante los procesos.

El objetivo del presente capítulo será la exposición de los conceptos y herramientas que han permitido desarrollar un nuevo modelo de gestión de la fábrica, basado en una efectiva organización de los puestos de trabajo, y un método de comunicación eficaz que permite conocer rápidamente el estado de la línea de trabajo.

Además, a lo largo del capítulo se detallará la importancia que tienen las reuniones periódicas de los distintos niveles jerárquicos, enfocadas al estudio y solución de los problemas que diariamente se producen en el taller, y que pueden repercutir de manera negativa en la eficiencia global del sistema de producción.

8.1 LA GESTIÓN VISUAL

8.1.1 Definición

Por Gestión Visual se entiende la implantación de un conjunto de sistemas y herramientas que permiten aportar información y conocimiento sobre el entorno de trabajo donde se desarrolla una actividad. El objetivo que persigue la Gestión Visual es distinguir una situación normal de una anormal en el menor tiempo posible, y actuar consecuentemente.

Este objetivo, ambicioso, se consigue mediante la formación y constitución de unos estándares, los cuales servirán para comparar diferentes situaciones e identificar en todo momento el estado de la fábrica.

Como se deduce en una primera aproximación, una formación eficiente del personal es clave en este nuevo paso del proyecto. El estado del negocio se comunica a los empleados, de modo que ellos mismos asumen la responsabilidad y capacidad de actuación sobre situaciones anómalas durante su jornada, que puedan provocar riesgos para ellos mismos o para el sistema.

Todo lo expuesto hasta este momento puede resumirse en una sola palabra:
Transparencia.

En el momento en el que el sistema de producción deja de ser una “Caja Negra”, donde entran unos componentes (*Inputs*), y tras unas operaciones desconocidas se obtienen unos productos acabados (*Outputs*), dicho proceso se convierte en transparente, visible, y no sólo para los operarios, sino para un observador no iniciado que puede ver y entender el estado de la fábrica de manera inmediata. La transparencia nos permite la **visión**. Entonces, si se tiene la capacidad de ver, se tiene el potencial de **controlar**. Poder controlar un negocio y operar sobre él es un objetivo clave en muchas compañías, ya que el factor control ofrece el resultado de rendimiento. Es vital en una compañía el conocimiento y análisis del rendimiento, para poder adecuar la producción a las nuevas necesidades del mercado en el que la empresa está integrada, y de acuerdo con las especificaciones de los clientes.

Se puede ver de forma clara que mediante la consecución del factor transparencia, se pueden identificar y solucionar problemas, así como eliminar fuentes de desperdicio en la empresa.

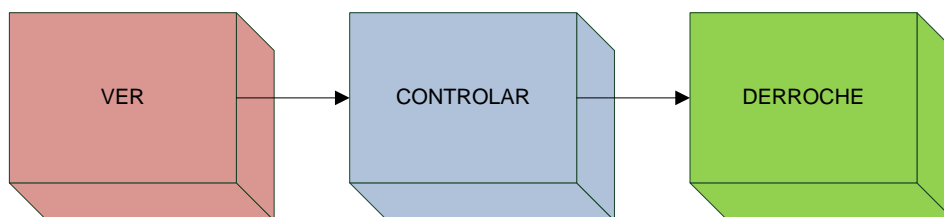


Figura 8. 1 Proceso de eliminación del derroche

Para llegar al nivel de excelencia en cuanto a Fábrica Visual se refiere, es necesario implantar unas bases sólidas en el nuevo sistema de producción. La Fábrica Visual se compone de tres pilares básicos, que son los siguientes:

- **5C's.** Bajo éste nombre se engloban las técnicas destinadas a organizar de manera eficiente el puesto de trabajo, y elaborar un estándar adecuado para el taller. Aunque en algunas empresas ésta filosofía es relativamente reciente, hoy día es difícil encontrar una fábrica que no tenga implantadas las 5C's en su taller. Además de proporcionar una óptima organización, adecuada a las operaciones a realizar, sienta las bases para un sostenimiento futuro y Mejora Continua. No obstante, y dada la gran importancia del método de las 5C's, se verá con especial hincapié dentro del capítulo 8.3.
- **Monitorización Visual.** Consiste en la implementación de diversas herramientas que permitan mostrar el estado de diferentes variables, y la evolución del rendimiento de la fábrica. La simplicidad y capacidad de síntesis de los indicadores visuales serán los factores determinantes en esta etapa.
- **Control Visual.** Es el última peldaño de la pirámide, llegado al cual se puede tener un control absoluto y una capacidad de respuesta rápida sobre los problemas que ocurren en la fábrica. Se ha logrado hacer transparente el proceso de fabricación y se disponen de los indicadores necesarios para la medición de la productividad, incidencias,...

Las anomalías que se producen se detectan con suma agilidad, y los departamentos están relacionados entre sí de tal modo que la comunicación entre ellos se establece de una forma eficaz, sin ambigüedades.

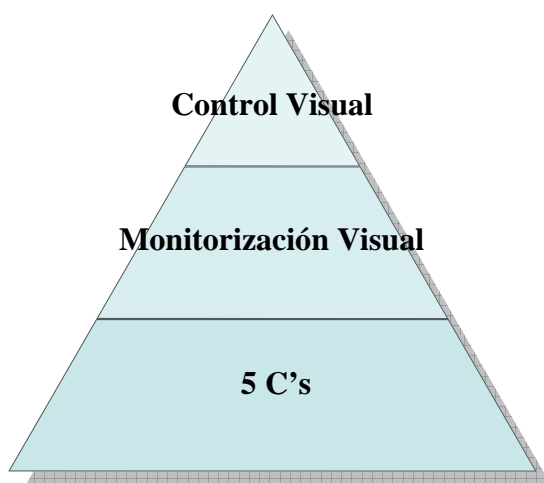


Figura 8. 2 Elementos de la Fábrica Visual

8.1.2 Beneficios

Como se ha citado con anterioridad, el principal beneficio de la implantación de un sistema de Gestión Visual es que permite conocer el **estado** de las áreas de trabajo, permitiendo centrarse en los problemas de una forma rápida y eficaz. Mediante ésta técnica, además, se pueden obtener las siguientes ventajas:

- Disponer de una información fácilmente accesible, con datos cómodos de entender y organizar.
- En ocasiones, debido a la simplicidad de ciertos indicadores, se pueden obtener datos con una mínima inversión económica.
- Creación de un sentimiento de propiedad y responsabilidad, el cual puede ser extendido no sólo al líder, sino a todos los componentes del equipo.
- Ante un problema, los equipos interrelacionan entre ellos para proponer y analizar posibles soluciones. Esto conduce simultáneamente al sincronismo entre células de trabajo, identificando las mejores prácticas.

Aparte de los beneficios expuestos, una de las mayores ventajas reside en el desarrollo del conocimiento del sistema a través de la Organización, lo que permite tener el potencial para involucrar a todos los niveles de la empresa en la mejora del rendimiento.

8.1.3 Controles Visuales

Para simplificar y hacer más rápida la respuesta ante un problema, se dispone en la fábrica de los denominados **Controles Visuales**. Dichos controles están formados por un conjunto de elementos visuales, los cuales proporcionan el estado de un área de trabajo y ayudan a tener un entendimiento inmediato de lo que debe hacerse.

Los Controles Visuales están presentes en la mayoría de elementos que rodean el ámbito laboral, ya que está comprobado que ayudan a comunicar una necesidad de acción más rápida que cualquier otro método.

En el mundo exterior se puede encontrar gran variedad de Controles Visuales, y como ejemplo pueden destacarse los siguientes:

- Controles para la gestión del tráfico y su señalización.
- Controles para proporcionar información (aeropuertos, oficinas,...)
- Advertencia sobre peligros, etc.

En la figura 8.3 se muestra un conjunto de fotografías a modo de ejemplo de los Controles Visuales más extendidos.



- Proporcionando instrucciones de acción o información relevante.
- Haciendo saber al operario si su acción es correcta o no.
- Comunicando al resto de la plantilla de trabajadores si algo va bien o mal.
- Informando a los niveles superiores del estado de la fábrica.
- Y lo que es más importante: creando un sentimiento de responsabilidad a cada miembro de la organización, de modo que pueda actuar cuando sea necesaria una acción ante un problema de seguridad, productividad, calidad,...

167

- Se mejora la producción, minimizando los tiempos muertos y la toma de acciones.
- Se reduce el tiempo de búsqueda ante una anomalía. Fácil detección de las áreas conflictivas.
- Se aumenta la calidad (los defectos son fácilmente visibles) así como la seguridad.
- Se reduce el tiempo de formación de los operarios, dado que no es necesario profundizar en detalles de la producción para identificar rápidamente el estado de la línea.
- Estéticamente se mejora el aspecto de la fábrica.
- Los Controles Visuales pueden servir como trampolín a la hora de la introducción de nuevos procedimientos y sistemas, ya que se puede implementar un método fácil de seguimiento y mejora de los mismos.
- Aumenta la autodisciplina, ya que todos pueden ver las no-conformidades, y actuar de modo conjunto para su solución.

8.1.3.1 Implantar un Control Visual

Los Controles Visuales son en esencia unos conceptos simples y rápidos de analizar en el entorno de trabajo. Son unívocos, y proporcionan el estado global de un simple vistazo. Sin embargo, es necesaria una correcta planificación inicial para que la función de éstos indicadores tenga sentido.

Para implantar un sistema de Controles Visuales es útil seguir unos pasos que se verán a continuación. No obstante, y como fase previa a su establecimiento, es conveniente tener en cuenta unos aspectos clave:

- Se debe asignar y probar cada Control Visual a un comportamiento deseado individual. La tendencia más efectiva es la de simplificar al máximo los Controles Visuales, ya que si son complejos corren el riesgo de ser ignorados o malinterpretados.
- Se debe enseñar a todo el grupo quiénes serán las personas responsables para establecer contacto con los Controles. La responsabilidad es un concepto fundamental en el área de trabajo, y es necesario formar continuamente al personal, evitando caer en la tentación de que todo el mundo tiene buena memoria y no olvida las lecciones aprendidas.

Teniendo en cuenta éstas aclaraciones, los pasos a seguir para el establecimiento del sistema de Controles Visuales podría resumirse en los siguientes puntos:

1. **Identificación.** El primer paso lógico es conocer el comportamiento que se quiere controlar visualmente. Éste comportamiento puede estar asociado a los errores que quieren ser prevenidos.
2. **Diseño.** El paso siguiente es el esbozo de un esquema visual, simple y rápido, para mostrar y controlar el comportamiento. No se trata del diseño completo del sistema, sino de una visión global acerca de cómo se quieren controlar las actividades.
3. **Comprobación.** Es fundamental hacer pequeños *test* para probar la funcionalidad del sistema, así como el método de gestión. La información obtenida a través de la realimentación de las personas involucradas es esencial en esta etapa.
4. **Formación.** A todos los niveles de la Organización, para que se familiaricen con los símbolos y sean capaces de actuar de manera rápida ante las advertencias. El objetivo es que, con un mínimo de información, se conozca el estado de manera instantánea.
5. **Mejora.** Se deben establecer revisiones periódicas del sistema, y aportar mejoras para aumentar calidad, rapidez de respuesta,...

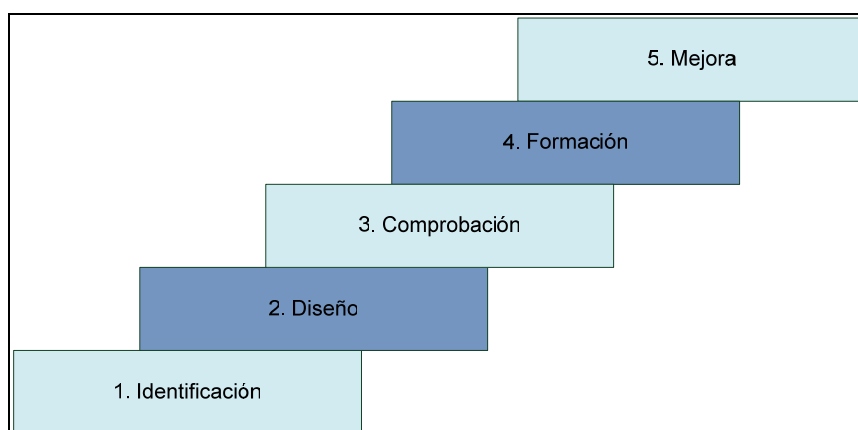


Figura 8. 4 Pasos para implantar un control visual

8.1.3.2 Controles Visuales en el puesto de trabajo

Siguiendo con el objetivo de éste apartado, se intenta establecer un estándar para el área de trabajo, de modo que sea visual e intuitiva para que un observador pueda entender el estado de la producción.

Para crear una idea más clara de cómo debería ser el esquema de una Fábrica Visual, se expone el siguiente diagrama:

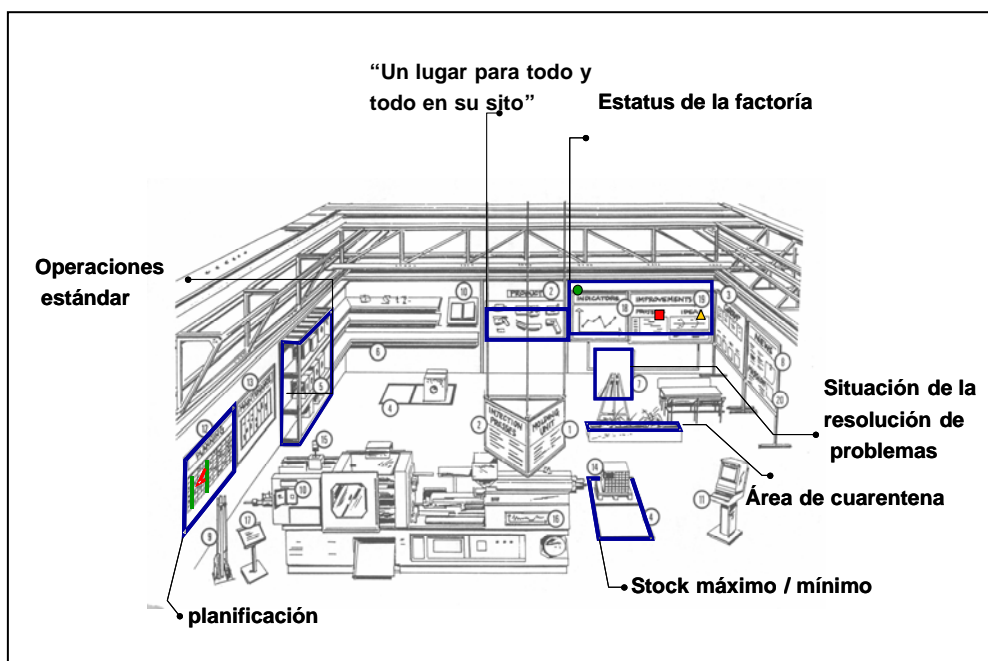


Figura 8. 5 Controles visuales en el taller

Entre los elementos presentes en la ilustración, cabe destacar:

- Paneles informativos para los operarios y niveles intermedios.
- Paneles con la planificación para los responsables de implantación de proyectos.
- Controles luminosos para ver el estado de las líneas de producción.
- Controles para ver el *stock* máximo y mínimo, indicadores de averías...

Dentro del puesto de trabajo existen multitud de elementos visuales, algunos de los cuales van más allá de meros signos informativos o instrucciones. A lo largo de éste apartado se verán algunos ejemplos significativos que ayudarán a implantar el sistema de Gestión Visual en la línea de producción.

Entre los más significativos, existen:

- *Marcas.*

Las marcas ubicadas en el suelo del área de trabajo permiten que los operarios entreguen componentes y herramientas según la posición de uso requerida. Además, permiten devolver el equipamiento a la posición de almacenaje una vez haya finalizado la tarea en cuestión.

El beneficio es bastante evidente: asegurar que los componentes y herramientas están en la situación necesaria de uso, e identificación visual rápida de posibles faltas. Ejemplos de marcas en el taller pueden apreciarse en la figura 8.6.



Figura 8. 6 Marcas en el suelo

- *Tableros de sombras.*

Los tableros de sombras permiten la identificación visual rápida de dónde debe ser colocada una pieza o herramientas. Por norma general suelen implantarse en formato vertical, con la “huella” del elemento que irá sobre el mismo, así como de una etiqueta identificativa con el número de serie de la pieza, o algún tipo de información adicional relevante.

El beneficio de los tableros de sombras es la reducción del tiempo de búsqueda de los elementos, así como de una ordenación óptima de los elementos que va a contener. Por ejemplo, se pueden dividir las piezas en lado derecho o izquierdo del avión, partes superiores, inferiores, etc.

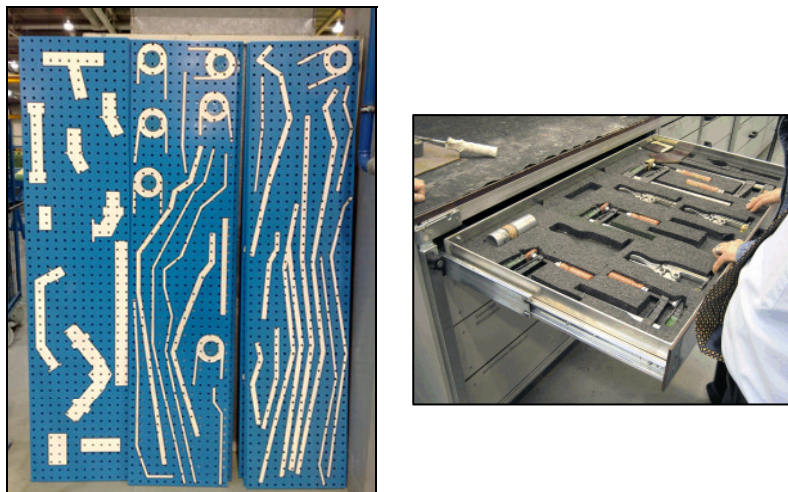


Figura 8. 7 Ejemplos de tableros de sombras

- *Codificación por colores.*

La codificación por colores permite generar un estándar de gestión a nivel global de la fábrica. Los distintos elementos presentes en el área de producción pueden ser clasificados en funciones (logística, medio ambiente, etc.) y además verificar que el funcionamiento es correcto. En el caso de anomalías, es claramente evidente que mediante el uso de indicadores en rojo (carros con piezas en falta, defectos de pintura en el estabilizador) se puede ver rápidamente el problemas, y tomar soluciones.

En Airbus, el estándar de colores que se ha definido para la correcta organización del puesto de trabajo es el que se muestra a continuación en la figura 8.8.

CODIGO DE COLORES	
	EQUIPOS MOVIBLES
	MATERIAL PRODUCTIVO
	UBICACIÓN DE RESIDUOS
	ÁREA DE CUARENTENA / DECISION
	ZONAS PELIGROSAS
	OTROS ELEMENTOS

Figura 8. 8 Estándar de colores en Airbus

El sistema de colores debe ser claro, y ser empleado de manera coherente en toda la fábrica. El objetivo no es saturar de colores el taller, sino prestar atención a los puntos reales donde se necesita la organización. De este modo, no es aconsejable usar un código con más de cinco colores, y se debe formar

adecuadamente a la plantilla de trabajo para que conozcan su significado y puedan actuar con rapidez ante las posibles eventualidades.

- *Líneas de secuencia.*

Mediante las líneas de secuencia se consigue mantener los objetos ordenados de una manera específica, usando un criterio determinado. De este modo se reducen los tiempos de búsqueda, y se advierte con rapidez la falta de un elemento dentro de la secuencia.

Un ejemplo de éste método es empleado a la hora de la organización documental. Al usar un sistema de archivo mediante carpetas, la figura 8.9 muestra una de las posibles soluciones para la ordenación según una secuencia determinada:



Figura 8. 9 Ejemplo de líneas de secuencia

8.1.4 Sistemas de Respuesta Rápida

El propósito de todo el sistema anteriormente instaurado es la implantación de un control visible y audible para indicar que hay un problema en la línea. Y no sólo un problema, sino la detección y el aviso de una condición anormal, entendiendo por anormal aquella que se desvía de un estándar.

Éste es el fundamento del **Sistema de Respuesta Rápida (Andon)**: un sistema de aviso y respuesta inmediatos, que permita la transparencia de los procesos, y esté concebido desde el nivel del operario.

La palabra *Andon*, proveniente del idioma japonés, significa linterna, y de ahí su analogía mediante las luces de colores que están presentes bajo la filosofía de éste sistema.

Debido a su definición, muchas empresas caen en el error de considerar al sistema *Andon* como un método para parar la línea ante una situación inesperada. El sistema

Andon proporciona solamente una ayuda para la identificación del problema, no para su resolución.

El sistema *Andon* debe reunir una serie de características para cumplir la función para la que ha sido diseñado.

- **Visible y audible.** Las señales deben ser vistas y oídas por el grupo de trabajo, y en la medida de lo posible, por su responsable.
- **Conciso.** Las condiciones a mostrar por el sistema deben ser claras: situación normal, anormal, y parada.
- **Respuesta a tiempo.** Se deben mostrar datos e información en tiempo real.
- **Completo.** El sistema debe proporcionar una instantánea del proceso global dentro del área de trabajo, para proporcionar una priorización y coordinación ante las acciones y esfuerzos correctivos.

8.1.4.1 Historia

En las antiguas empresas de fabricación, los operarios de mantenimiento actuaban únicamente sobre una sola máquina, o como mucho sobre un grupo de máquinas de similares características. Debido a la inexistencia de tipos de mantenimiento planificados o predictivos, el operario esperaba a que la máquina se parase debido a una avería, y entonces actuaba sobre ella para repararla.

A partir de 1930, y bajo la dirección del japonés Kiichiro Toyoda, se fundó la empresa **Toyoda Automatic Loom Works Ltd.**, revolucionando la industria automotriz. En lo que a sistemas de Respuesta Rápida se refiere, se introdujo un nuevo concepto: debido a la formación y habilidades de los operarios de mantenimiento, estarían en disposición de atender las peticiones de ayuda de varios equipos, similares o no en características. Además, se empezaron a implementar sistemas de identificación de fallos automáticos, evitando de esta manera una inspección constante por parte del operario, ofreciendo mayor fiabilidad al sistema. Ésta automatización de ciertos elementos clave del proceso de fabricación, unido a su vez con una formación y potenciación habilidades de los operarios es la base del concepto *Jidoka*.

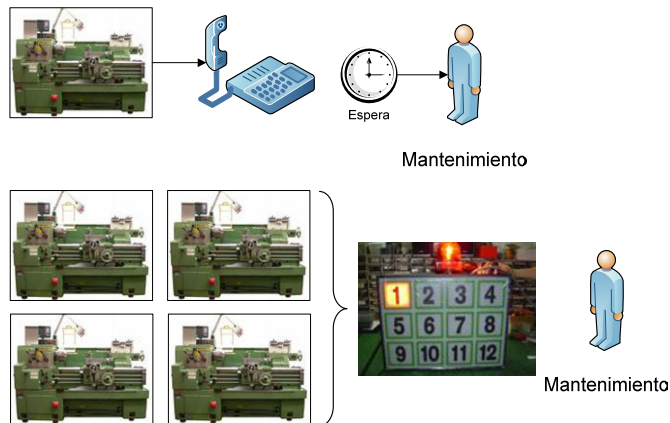


Figura 8. 10 Sistema tradicional y sistema Andon

8.1.4.2 Flujo y Beneficios

Una vez implantado un sistema *Andon* de respuesta rápida, es necesario describir un flujo adecuado de actuación ante una situación anómala.

El esquema más eficaz que se puede seguir cuando se detecta un fallo en el sistema corresponde al denominado *Stop-Call-Wait* (Parar, Llamar, Esperar).

La figura 8.11 muestra los pasos que se deben seguir para implementar éste esquema.

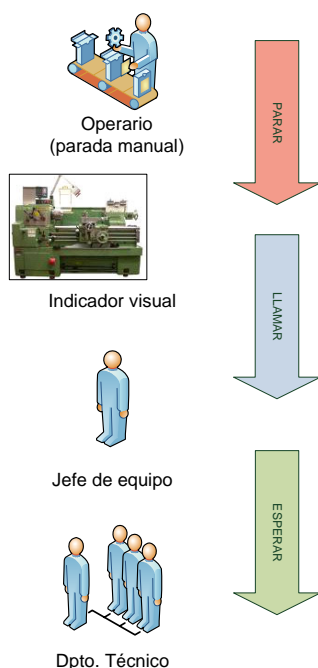


Figura 8. 11 Flujo del sistema Andon

El flujo, como se puede apreciar es simple, debido a que el objetivo fundamental es la **rapidez de respuesta**, por lo que no deben existir demasiados pasos intermedios entre el operario que detecta una anomalía y el encargado de solucionarla.

La señal de fallo, el inicio (*Trigger*), es la acción que pone en marcha el sistema. Puede ser activado mediante la acción de un operario, o de manera automática mediante un control electrónico, sensores de posición,...

La función crucial de la señal es la petición de **ayuda inmediata**. Un retraso en la respuesta puede repercutir en un retraso en la línea de producción.

Adicionalmente, se pueden obtener ventajas adicionales mediante una buena implantación y gestión del sistema *Andon*, como se aprecia a continuación:

- Centra las funciones de soporte y liderazgo en las operaciones de fabricación de valor añadido
- Se obtiene un aumento de calidad en cada paso del proceso.
- Se tiene una mayor visibilidad del proceso, lo que permite identificar cuellos de botella.
- Ayuda a que los problemas “salgan a flote”, ya que de otro modo pasarían desapercibidos.
- Se potencian las habilidades del operario, desarrollando un sentimiento de responsabilidad y propiedad.

8.1.4.3 Implantación

La implantación de un sistema *Andon* debe hacerse de manera estructurada y organizada, de modo que el objetivo primordial del sistema se mantenga en todo momento: hacer visual el proceso y actuar de manera rápida ante una situación anormal.

Los pasos para la implantación siguen un esquema lógico: estudiar las necesidades y diseñar un sistema específico para responder ante una señal. Un posible esquema del mismo se detalla a continuación.

1. Informar a la Organización del objetivo y los beneficios de la implantación del sistema *Andon*. El sistema debe ser creado para mejorar la situación actual, y los departamentos implicados deben conocer el propósito del mismo
2. Crear un sistema visual, incluyendo señales y paneles *Andon*. Los formatos pueden variar en función de la empresa y las necesidades del sistema, pero no hay que olvidar que deben ser sencillos de implementar y entender. Algunos formatos posibles se muestran en las figuras adjuntas.

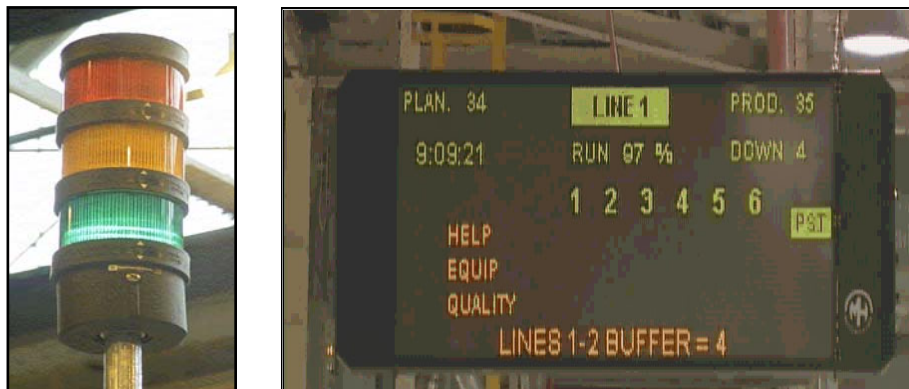


Figura 8. 12 Ejemplos de sistemas Andon

3. Seleccionar el área de implantación. El sistema *Andon* puede ser diseñado a nivel de planta, o centrarse en una línea o grupo de trabajo específico. Hay que limitar el uso de los diferentes sistemas *Andon*, adecuándolos a los recursos de ayuda disponibles dentro del taller. No obstante, el sistema *Andon* no debe ser diseñado de forma aislada, sino que también debe tenerse en cuenta las relaciones con el resto del entorno de trabajo, y las personas que van a operar con él.
4. Entrenar a los operarios en el nuevo Sistema de Respuesta Rápida, potenciando sus habilidades de gestión ante problemas. Se debe evitar asumir, en una primera aproximación, que todo el mundo conoce por qué se va a instalar un sistema *Andon*, y los beneficios que va a proporcionar al sistema de fabricación.
5. Seguimiento y control: confirmar el impacto que tiene la implantación del nuevo sistema mediante la elaboración de indicadores de rendimiento. La calidad y el tiempo de respuesta ante fallos debe mejorarse tras la implantación y el entrenamiento del personal.
6. Revisar con una frecuencia determinada el sistema, de modo que puedan implementarse mejoras.

8.2 LA GESTIÓN VISUAL EN EL TALLER: KPI'S

Para hacer un seguimiento de la eficiencia de los sistemas y elementos que se implementan en un taller, es crucial la definición de un **sistema de medición**. Se pretende conseguir, de algún modo, una comparación antes y después de las nuevas mejoras, y ser capaces de medir objetivamente los beneficios potenciales de los progresos.

Airbus ha establecido un conjunto de indicadores para medir las características más relevantes, y no sólo en el ámbito de la producción, sino a nivel global de la compañía. Éstos indicadores abarcan un amplio número de variables de control, y afectan a la eficiencia de los procesos, finanzas, plazos de entrega de materiales,...

El objetivo del presente apartado es el estudio de los indicadores que afectan directamente a la línea de fabricación, que es donde adquieren una gran relevancia.

Se han definido unos indicadores concretos en la línea de trabajo del A-320 (aunque de hecho, la mayor parte de los indicadores son comunes con el resto de los programas de Airbus, como A-340, A-380, Costillas del Ala, Materiales Compuestos, etc.). Dichos indicadores son denominados Indicadores Clave de Rendimiento, (**KPI's**, *Key Performance Indicators*).

Los *KPI* tienen funciones muy importantes dentro del área de trabajo, entre las cuales se destacan las siguientes:

- Comunicar el estado actual, que refleja la realidad del día a día, frente al objetivo definido en las planificaciones. Pueden a su vez dividirse por categorías, de modo que actúen a nivel de planta, de negocio, y de estación de trabajo.
- Posibilitar la toma de decisiones basándose en el estado real de la línea, es decir, teniendo en cuenta hechos, no conjeturas.
- Ayudar a priorizar actividades de mejora.
- Servir de método para comprobar continuamente el estado de negocio.
- Conectar al cliente con el negocio. Incluso dentro de la misma fábrica, donde una estación de trabajo es cliente de la anterior, pueden informar acerca del estado y evolución de las actividades en cada posición.

8.2.1 Características de un *KPI*

Un *KPI* debe ser capaz de desempeñar diversas funciones, pero al igual que un sistema de Control Visual, debe mostrar el estado de la fábrica de manera rápida, y ver la evolución de las implementaciones.

A modo de resumen, un buen *KPI* tiene que ser:

- **Esencial.** El indicador debe mostrar sólo aquellos parámetros importantes en el ámbito de la fabricación.
 - Simple. El exceso de información puede convertir un indicador útil en algo que pase desapercibido.
 - Visual. Comunicará de manera rápida y clara el estado de una variable. Además deberá estar ubicado en un lugar fácilmente accesible, para que todas las funciones soporte puedan acceder a dicha información.
- **Útil.** El *KPI* debe mostrar la información actualizada de los parámetros relevantes (calidad, costes, seguridad...). La información no actualizada puede tener los mismos efectos que la carencia de la misma.
 - El formato debe ser claro y fácil de entender. El objetivo es que las personas lo vean como algo cercano, y se habitúen a interactuar con él.
 - El indicador no debe variar demasiado a lo largo del tiempo: debe tener poca rotación, y ser común para varias áreas del negocio.
- **Inmediato.** El *KPI* debe tener carácter de urgencia, ya que muestra la información diaria sobre las variables medidas. Además, crea sentimiento de responsabilidad, ya que afecta directamente a todos los departamentos encargados de la línea de producción.
 - El *KPI*, asimismo, debe tener asociados unas auditorías y procesos de revisión, ya que la información recogida en él tiene una gran importancia para ver la evolución de las implementaciones en el taller.

8.2.2 *KPI's* de Airbus

En Airbus, tras un estudio detallado de las necesidades de información, se definieron un conjunto de indicadores clave, que afectan directamente a los niveles inferiores de la Organización, y sirven como flujo de información hacia los niveles directivos.

Los indicadores definidos son: Seguridad, Calidad, Coste, Entregas y Personal.

Éstos indicadores, para que fueran visibles a todo el personal, se colocaron en amplios paneles informativos, uno por cada línea de trabajo, para que los operarios

participasen de manera activa y rellenaran los indicadores, teniendo de este modo acceso a toda la información de su propia línea.

Los paneles informativos y la forma de gestionarlos se estudiarán con detalle en el siguiente apartado, correspondiente a las Reuniones de Equipo.

La figura 8.13 muestra uno de los paneles informativos pertenecientes a la línea de producción del A-320.



Figura 8. 13 Panel informativo SQCDP

A continuación se detallan los indicadores seleccionados, exponiendo sus formatos y características relevantes.

1. Indicador de Seguridad

Éste indicador tiene como objetivo indicar si se ha producido algún tipo de incidencia que repercuta directamente en la seguridad en el área de trabajo. Entre las posibles situaciones anómalas, el indicador distingue entre incidencias leves, accidentes, y accidentes con baja. En el caso de que no se haya producido ninguna de las situaciones descritas, el indicador deberá ser rellenado en color verde. Si se ha producido alguna, entonces aparecerá en color rojo sobre el día concreto, y en el turno de trabajo donde se haya producido.

El departamento responsable del indicador, que es Seguridad Laboral y Medio ambiente, deberá conocer diariamente mediante las reuniones en el panel el estado de éste indicador, y propondrá acciones correctoras para solventar las posibles incidencias que se produzcan.

2. Indicador de Calidad

El indicador de calidad refleja el estado de las principales anomalías de calidad que pueden ocurrir en la línea productiva, afectando al producto final. Se debe distinguir entre “Quejas de Cliente”, “Informes de Discrepancia” y “Hojas de No Conformidad”. En el caso de no haberse producido problemas de calidad, el indicador estará coloreado en verde; en caso contrario, aparecerá en color rojo.

El departamento de calidad, responsable de éste indicador, deberá analizar la causa de los defectos producidos, y discriminar asimismo si han sido provocados durante la fabricación en el taller, o por el contrario es un defecto procedente de un proveedor externo.

A su vez, completar un cuadro de evolución del defecto y el personal involucrado es una tarea que proporciona información adicional al proceso, y puede llegar a evitar la repetitividad del defecto de cara al futuro.

3. Indicador de Coste

El indicador de coste es uno de los más importantes del panel e información. Es un indicador que posee una dimensión más global que los anteriores, ya que recoge todo tipo de incidencias que puedan repercutir en el coste asociado al avión. Como se deduce, el abanico de causas es bastante amplio; falta de piezas, fallos en el equipamiento, averías en las máquinas y equipos de producción, etc.

Al igual que el indicador anterior, se puede adjuntar una hoja para el seguimiento de las incidencias, identificando los responsables de la propuesta de soluciones y unos plazos de resolución coherentes.

4. Indicador de Entregas

El indicador de entregas ofrece una comparativa entre las entregas planificadas y las entregas realizadas en un periodo de tiempo determinado. Además de proporcionar el grado de avance del avión, sirve como herramienta de organización del trabajo, ya que se debe adaptar la capacidad productiva a satisfacer las necesidades del cliente. En el caso de que se produzcan retrasos con respecto a la planificación (apareciendo el indicador en color rojo), se debe indicar claramente la causa, y ajustar el “colchón” temporal para poder terminar el elemento en un plazo razonable.

5. Indicador de Personas

Éste indicador es uno de los más útiles para el departamento de producción, ya que pone de manifiesto la capacidad (mano de obra) disponible durante una jornada de trabajo. En el caso de existir alguna incidencia (ya sea por absentismo o debido a otra causa), el jefe de sección puede reasignar la mano de obra adecuadamente, y no incurrir en retrasos por falta de determinado personal. El departamento de recursos humanos es el encargado de hacer seguimientos periódicos a éste indicador, y ver la evolución de las tasas de absentismo de la plantilla.

El indicador, además, consta con una leyenda, en la cual se puede apreciar si el absentismo es debido a l disfrute de un permiso especial, vacaciones, comisiones de servicio, enfermedad, día libre del trabajador, etc.

8.2.3 Reuniones en Panel

La comunicación fluida y eficiente, en la cual fluyen los objetivos y la información, es una parte vital para el correcto funcionamiento de la fábrica.

Por una parte, el **flujo de objetivos** sigue una trayectoria descendente por la pirámide jerárquica: desde su concepción, en la alta dirección de la empresa, los objetivos deben ir descendiendo hasta los niveles inferiores, de modo que todo el personal los conozca y actúe en consonancia para su consecución.

Por otro lado, se tiene el **flujo de información**, y éste debe ser bidireccional. Éste es el flujo más importante dentro de la organización, y su origen parte de los niveles inferiores. El personal encargado de producción conoce a la perfección su trabajo, sabe si el producto va adelantado o retrasado respecto a la planificación, y los problemas que surgen del día a día en la línea de fabricación. Por tanto, es un grupo que proporciona información rápida y eficaz a los niveles inmediatamente superiores, para que se puedan tomar acciones de control y corrección.

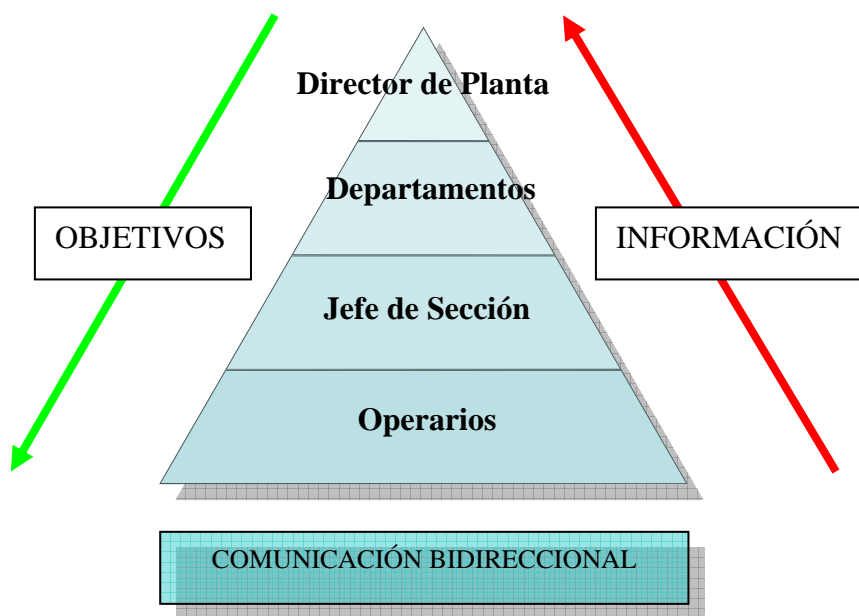


Figura 8. 14 Comunicación Eficiente

En este apartado se van a tratar las Reuniones de Equipo que acontecen en el área de producción, a varios niveles.

Las Reuniones de Equipo tienen lugar en el taller, y para ellas se utiliza la información recogida en los *KPI*'s descritos en el apartado anterior: coste, calidad, entregas,...

Dicha información está estructurada en un panel informativo, de modo que los operarios puedan reunirse frente a él, y rellenar los indicadores necesarios.

8.2.3.1 Objetivo

Las reuniones que se mantienen en el panel de comunicación sirven de enlace entre los flujos de objetivos e información, y en ellas se pretende ofrecer una comunicación clara, a través de una presentación eficaz del estado de la línea de fabricación.

Para ello, las reuniones deben de mantenerse de una forma puntual y periódica, y contar con la presencia de todas las personas de la sección implicadas. En el caso particular de la línea del A-320, se han dividido las reuniones en tres áreas, dependiendo de la operación principal involucrada: de éste modo, se mantienen reuniones paralelas para la Unión, Preequipado y Equipado Final.

Las reuniones tienen lugar en el inicio y el final de turno, para los turnos de mañana y tarde. Por ejemplo, para un operario del turno de mañana, las reuniones deberán tener lugar a las 7.00 y a las 14.50 h. De este modo:

- Al principio de la jornada, se revisa la información de los turnos anteriores, y se planifica la jornada actual. Se observa si hay información relevante de cara a la jornada de trabajo, la situación frente a incurridos, etc.
- Se lleva a cabo un control de asistencia, de modo que el trabajo se planifique en función de las posibles ausencias (justificadas o no) de la plantilla.
- Al final de la jornada se hace un resumen de los aspectos fundamentales de la producción, se identifican los problemas que hayan podido surgir, y se comunica la información relevante para el siguiente turno.

Las reuniones son moderadas por el líder del grupo, quien anima y motiva al equipo de cara a la integración de todos los participantes en la reunión.

8.2.3.2 El Panel Informativo

Uno de los elementos de la Gestión Visual que será usado para las Reuniones de Equipo es el panel informativo.

El panel informativo es uno de los elementos visuales de estado de la fábrica, que permite que la información coherente y puntual esté disponible para todos los turnos, ofreciendo un enfoque centrado en el trabajo, y ahorrando tiempo a la hora de averiguar el estado de la fábrica y la toma de acciones necesarias.

La figura 8.15 muestra el aspecto que tiene uno de los paneles informativos, en concreto el panel destinado a la Unión. En el panel se aprecian varias zonas diferenciadas:



Figura 8. 15 Panel informativo sección Unión A-320

- Zona de indicadores (*KPI's*). Situada en la parte central, ésta zona recoge la información sobre los indicadores de rendimiento, los cuales deberán ser cumplimentados por los operarios con la información acontecida durante la jornada laboral.
- Zona de históricos. En esta zona se muestran diferentes gráficas con los resultados mensuales de los valores, así como tablas comparativas de los mismo. Las gráficas se sitúan en cada columna del indicador correspondiente, en la parte inferior del panel.
- Zona de información relevante. En éste área se ubican las hojas para la información adicional, así como la información relevante a tener en cuenta entre los diferentes turnos. Además se dispone de un documento de propuestas de mejora, donde los operarios pueden proponer ideas que serán posteriormente evaluadas para su implantación.

- En la parte derecha del panel se ubican las hojas para identificar el número de avión secuencia que hay en cada línea, así como la hoja destinada a la Confirmación de Proceso.

Para completar eficientemente el panel, se debe seguir una secuencia determinada. La estructura de los indicadores es la siguiente:

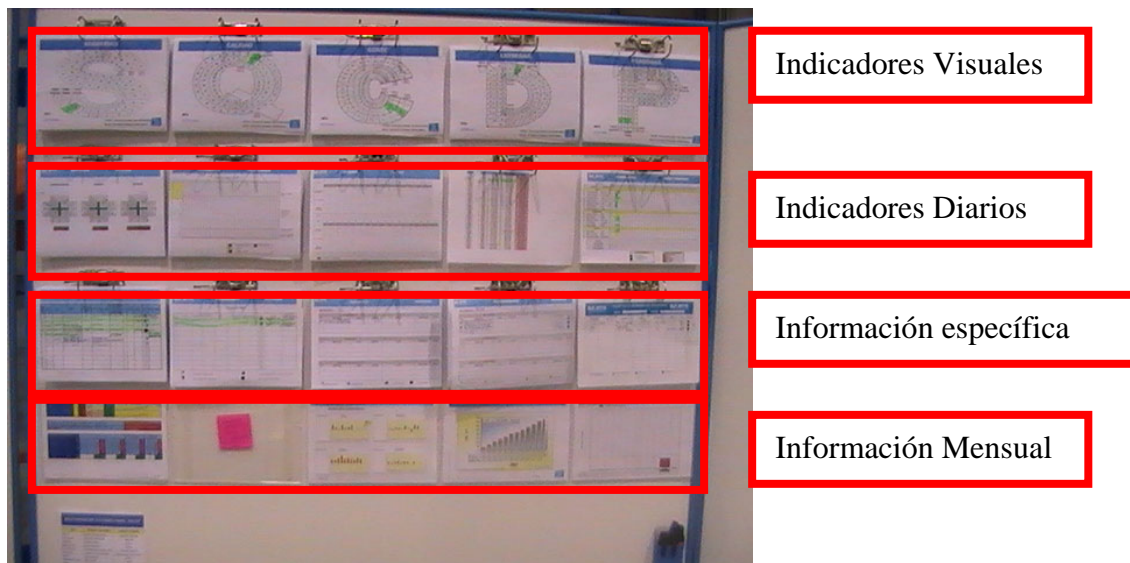


Figura 8. 16 Estructura del panel

- En la primera fila (fila superior) se sitúan los indicadores visuales. Son los que, de un primer vistazo, permiten discernir el estado de las variables a controlar, sin entrar en detalle. Un observador, de una simple ojeada, ve si el funcionamiento es correcto (el indicador se mostrará en color verde), o si por el contrario hay algún tipo de problema, estando en este caso coloreado en rojo el día del mes correspondiente.
- La segunda fila está formada por los indicadores que muestran la información diaria. En concreto, en ésta hoja es dónde se detalla el problema acontecido durante la jornada, y si engloba dentro de una categoría. Por ejemplo, si hay un incidente de seguridad, se determina si es accidente, si ha causado baja, si es un derrame medioambiental....
- La tercera fila de indicadores corresponde a la información específica, y recoge los datos del mes en curso, para poder hacer un estudio detallado de cuales han sido las incidencias durante un mes de trabajo hábil.
- Para terminar, la última fila recoge la información elaborada por los departamentos involucrados, mostrando gráficas de evolución de los indicadores,

situación de las entregas frente a lo planificado,... Esta información debe ser elaborada con carácter mensual, y es de suma utilidad, ya que muestra el progreso de las propuestas de mejora implantadas, y si es necesario replantear nuevas ideas para hacer frente a los problemas.

8.2.3.3 Desarrollo de la Reunión

Para que las reuniones sean efectivas y el equipo se involucre en el estado de la producción, se ha propuesto un método estructurado a la hora de efectuarlas.

1. El primer punto es, tras dar comienzo la reunión de inicio de turno, reunir a los miembros del equipo y comprobar la asistencia. El operario más experimentado, o el líder del grupo (*Team Leader*) es el encargado de verificar si parte de la plantilla está de vacaciones, tiene baja por enfermedad, está en proceso de formación de nuevas habilidades, etc. El resultado de éste primer punto es la planificación de la capacidad operativa de la línea, para que el trabajo se pueda distribuir uniformemente, y compensar líneas en caso de necesidad.
2. Acto seguido, el siguiente paso es la comprobación de la información de los turnos anteriores, y un resumen de la carga de trabajo del día actual. Pueden existir tareas pendientes de turnos previos, o problemas que han surgido y que son susceptibles de aparecer de nuevo.
3. A continuación se debe comprobar la información de los operarios del turno actual, y si los departamentos involucrados en la producción han descrito algún punto concreto para la jornada. Aquí se da una visión global de las funciones del resto de la plantilla, y se verifica si los operarios tienen las habilidades suficientes para afrontar los objetivos propuestos por los departamentos (aumento de producción, transferencia de habilidades,...)

No hay que olvidar que en todo momento, la comunicación entre el Jefe de Equipo y los operarios debe ser bidireccional, con la claridad suficiente para que todos entiendan el trabajo que deben desarrollar y se identifiquen con los objetivos. El Jefe de Equipo se debe mostrar activo en todo momento, intentando valorar positivamente el trabajo de la plantilla, motivándola, y todo ello para maximizar el rendimiento de su grupo de trabajo.

Como se ha comentado a lo largo del capítulo, las reuniones de inicio de principio y fin de turno son esenciales para el establecimiento de los flujos de información y objetivos, certificando que los mismos alcanzan a todos los niveles jerárquicos.

Para ello, se han descrito las reuniones de la plantilla de trabajo con detalle. No obstante, en paralelo a dichas reuniones, en Airbus se han planteado con éxito reuniones para diferentes niveles jerárquicos. De éste modo, se han dividido en tres reuniones principales para la revisión y análisis de los *KPI's*:

- **Reunión de Nivel 1.** Formada por la revisión de los indicadores a nivel de operario, como las descritas en el apartado anterior.
- **Reunión de Nivel 2.** En estas asambleas, el responsable de la organización es el Jefe de Programa. A su disposición están los representantes de las distintas funciones soporte que dan apoyo a la producción (calidad, control de producción, ingeniería, medio ambiente,...). En la reunión se analizan los problemas detectados en las distintas reuniones de Nivel 1, y se proponen soluciones con plazos determinados. Asimismo se analiza la viabilidad de las propuestas de mejora de los operarios. Se estudia también la evolución de los indicadores mensuales. Este panel integra al resto de paneles del programa. Es decir, en el caso del A-320, en el panel de Nivel 2 se recoge la información proveniente de los paneles de la unión, preequipado y equipado final.
- **Reunión de Nivel 3.** En esta reunión, los jefes de los diferentes programas (A-320, A-340, A-380,...) se reúnen en torno al Jefe de la Planta (*Plant Manager*), para expresar la evolución de los objetivos y medidas para llevar a cabo el Despliegue de la Política hacia los niveles inferiores.

Como se aprecia, los paneles indicadores de nivel sirven de una magnífica herramienta para el escalado de ideas y problemas, acercando y distribuyendo de éste modo la información entre los diversos responsables del funcionamiento del negocio.

8.2.3.4 Confirmación de Proceso

Las reuniones en los paneles informativos de los diferentes niveles han proporcionado una comunicación interdepartamental, centrada en el análisis y la evolución de la situación de la planta.

A través de la gestión eficaz de las reuniones se han identificado los flujos de objetivos e información, pero la clave no es el método en sí, sino cómo asegurar la correcta utilización de las herramientas que se ponen a disposición de los grupos de trabajo. Aunque la cultura cambia, en el fondo de todo método subyace un sentimiento de disciplina y adaptación al medio, mediante el cual el grupo es capaz de afrontar nuevos retos y mantener las buenas costumbres adquiridas con la práctica.

Para asegurar el correcto funcionamiento de las medidas de control que se ponen a disposición de los grupos interdepartamentales, se creó una herramienta denominada Hoja de Confirmación de Proceso. Mediante ésta herramienta, se logra convertir en rutinario el simple hecho de la revisión de los problemas del negocio. El proceso se confirma como parte del nivel siguiente de la coordinación; por ejemplo es el jefe de área quien supervisa el trabajo de los operarios a su cargo, y a su vez el responsable del proyecto quien hace lo propio con los jefes de equipo. De este modo, se logra un control a través de toda la Organización.

FORMATO

La Hoja de Confirmación de Proceso debe ajustarse de la mejor manera posible a aquello que es necesario confirmar y revisar. Ésta hoja tiene un formato muy sencillo, como se muestra en la figura 8.17:

		Mes	Mes							Mes								
			Día	L	M	X	J	V	L	M	X	J	V	L	M	X	J	V
			Fecha	3	4	5	6	7	10	11	12	13	14	17	18	19	20	21
			Iniciales															
		¿QUÉ?	¿CÓMO?	¿QUIÉN?														
S	No ha habido ningún accidente/incidente en el área en los meses	Ver panel SOCDP	Jose Carlos Martin															
	Los operarios cumplen los requisitos de Seguridad	Chequear operarios	Jose Carlos Martin															
	El último "rejo" de la "D" del panel SOCDP ha sido solucionado	Ver panel SOCDP	Jose Carlos Martin															
Q	El nº de HRC's está dentro del objetivo	Ver panel SOCDP	Jose Carlos Martin															
	Los operarios conocen cuál es, actualmente, el problema más grave de calidad	Preguntar a operario	Jose Carlos Martin															
	Existe un KPI para todos los conceptos del panel SOCDP	Ver panel SOCDP	Jose Carlos Martin															
	Los KPI's diarios y mensuales del panel SOCDP están actualizados	Ver panel SOCDP	Jose Carlos Martin															
	Toda incidencia en el panel SOCDP tiene una acción correctora y un responsable identificado	Ver panel SOCDP	Jose Carlos Martin															
	Se respetan las SC's: todo elemento inutil retirado del área, documentación área cuarentena, elementos nuevos ubicados en el área	Revisar área	Jose Carlos Martin															
	El Process Confirmation de SC's está actualizado y tiene acciones correctoras para los puntos rojos	Ver panel SC's	Jose Carlos Martin															
Confirmar la información del último Process Confirmation de las SC's	Revisar área	Jose Carlos Martin																
C	Incidentes por debajo del objetivo	Ver panel SOCDP	Jose Carlos Martin															
	El operario conoce la situación de incidentes frente al objetivo	Preguntar a operario	Jose Carlos Martin															
	Existe un control de la herramienta del taller	Revisar área	Jose Carlos Martin															

Figura 8. 17 Hoja de confirmación de proceso

Como se puede apreciar, en la hoja se concatenan una serie de preguntas, íntimamente relacionadas con los indicadores clave de rendimiento. Por ejemplo, bajo el marco de la seguridad y salud, las posibles preguntas podrían ser, dependiendo del área de aplicación: “¿los operarios llevan puestos los equipos de protección individual adecuados?”, o “¿el último incidente medioambiental tiene una acción correctora permanente, o ha sido solucionado?”

Además, las preguntas están alineadas y en consonancia con el modelo del negocio, de modo que los esfuerzos puedan ser enfocados en la dirección correcta.

Para revisar diariamente las preguntas, y retroalimentar la información tanto a niveles inferiores como superiores, cada día se plantean una serie de preguntas salteadas. De este modo, además, se hace más amena la revisión, evitando tener que responder a toda la batería de preguntas en la misma jornada de trabajo.

Como ilustra la figura del panel de comunicación, la Hoja de Confirmación de Proceso debe situarse en un lugar al alcance de todos, creando de esta manera una visibilidad en el taller.

NIVELES

Para tener a todos los departamentos involucrados en las confirmaciones de proceso, al igual que se hizo con las reuniones de inicio y fin de turno, es necesario disponer de hojas de confirmación de proceso adaptadas a los diferentes niveles.

De este modo, y sin entrar en excesivo detalle, se disponen de hojas de confirmación cuyos responsables son los operarios, el responsable de producción y el director de planta. Cada uno usa las informaciones de los niveles inmediatamente inferiores para completar y analizar las preguntas de que disponen.

Niveles:



Figura 8. 18 Hojas de confirmación de los distintos niveles

No hay que olvidar que las preguntas que se formulan en la Hoja de Confirmación de Proceso son una herramienta valiosa para analizar el avance de la situación actual, y que ayudan a detectar anomalías en los indicadores clave de rendimiento.

No obstante, la intención no es que todas las preguntas que aparecen en la hoja estén siempre coloreadas en verde, indicando una situación óptima. El objetivo es que las cuestiones que se planteen vayan evolucionando, ya que en el momento que una cuestión se haya convertido en repetitiva, habrá que pensar en aumentar su nivel de exactitud o directamente formular una nueva pregunta que se adapte al *KPI* que se quiera medir.

8.3 LAS 5C'S

La parte más importante a la hora de la implantación de una idea no es el mero acto de llevarla a cabo, sino cómo se comportará en el futuro, y su adaptación a las necesidades de fabricación. De éste modo, una mejora que en su día fue exitosa, sin un método de revisión adecuado puede convertirse en obsoleta, perdiendo toda su efectividad.

Uno de los temas tratados a lo largo del proyecto ha sido el proceso de Mejora Continua. Sin embargo, no todas las empresas pueden llegar éste concepto sin haber pasado antes por una serie de etapas intermedias. Se necesitan conocimientos, tanto teóricos como prácticos, para implantar previamente un sistema de Gestión Visual, unos estándares en el taller (como el Trabajo Estándar, apoyado por las Hojas de Operación Estándar), un proceso de detección y eliminación de desperdicio, etc.

En este apartado se tratará en detalle del primer paso que toda empresa debe consolidar eficazmente para construir a partir de él toda la estructura de la Mejora Continua. Este primer bloque es el llamado **5C**.



Figura 8. 19 Consolidar la Mejora Continua

8.3.1 Definición

Las 5C's son un enfoque sistemático que tiene como fin último ayudar, junto a la Gestión Visual, a la correcta organización del puesto de trabajo. Conjuntamente, proporciona a las personas implicadas un sentido de la propiedad, a la vez que favorece el sostenimiento y desarrollo de las posteriores prácticas de trabajo.

Las 5C's son una adaptación anglosajona de la terminología japonesa, llamadas originalmente 5S's.

Cada C representa una acción, y deben de seguir un orden determinado durante el proceso de implantación. De este modo, en la siguiente tabla se muestran los nombres de cada una, según el idioma empleado (Airbus lleva el estándar inglés, por ello se denomina C, y no la traducción al idioma castellano).

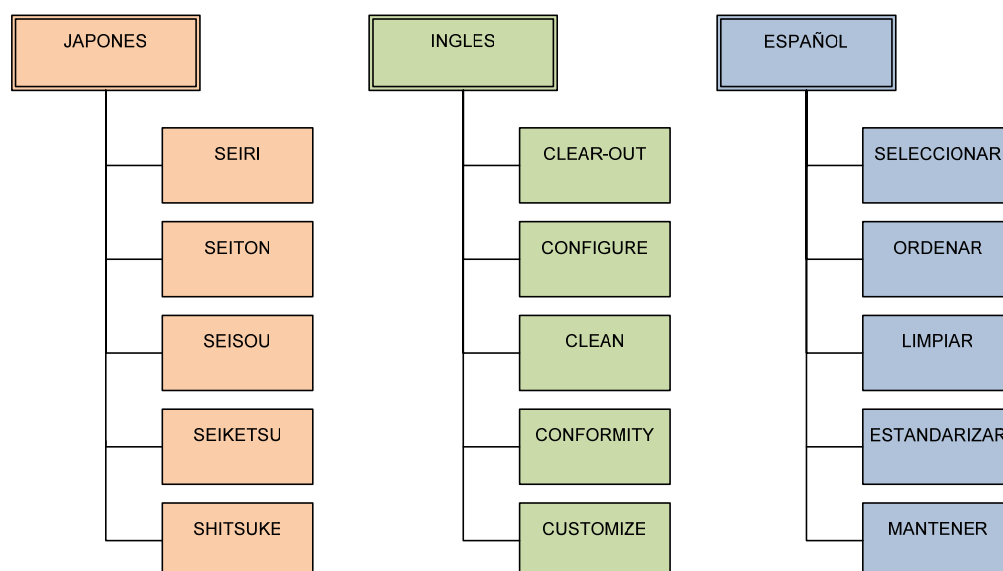


Figura 8. 20 Las 5 C's en los diferentes idiomas

8.3.2 Objetivo

El propósito de la implantación de un método de 5C's en la empresa ha quedado patente en la definición: la creación de un puesto de trabajo visual, organizado y seguro que ayude a incrementar la eficiencia y motivación del operario.

Ésta mejora lleva asociada a su vez numerosos beneficios:

- Se hace más visible el despilfarro en el puesto de trabajo, lo cual proporciona un mayor grado de transparencia.
- Mejora la seguridad y evita la contaminación en el puesto de trabajo. Los elementos tienen una ubicación clara y definida, y se adecúa a los requerimientos de seguridad y salud. Cualquier desviación se hace muy evidente siguiendo éste método.
- Proporciona un entorno de trabajo más propenso a la adaptación a la Mejora Continua, ya que se retroalimenta de ideas de mejora provenientes del equipo de trabajo.
- Aumenta la calidad.

- Desarrolla la implicación del operario en labores de mantenimiento. Se logra de esta manera crear un sentimiento de responsabilidad, de modo que los propios operarios se esfuercen por mantener su puesto de trabajo en condiciones óptimas.

La idea que engloba el proceso de implantación de las 5Cs es el establecimiento de un **estándar**. Una vez que se tiene un puesto de trabajo modélico es fácil la identificación de ideas de mejora y los desperdicios. Sin la implantación de un estándar, se hace difícil proponer mejoras sobre el mismo y mantener en el tiempo las condiciones óptimas. Además, cualquier cambio producido debe ser medido y comparado con la situación anterior, para ver si realmente reporta o no beneficios.



Figura 8. 21 Puesto de trabajo desorganizado

No hay en el mundo compañías de primera clase sin tener instauradas dentro del seno de la fabricación un enfoque de 5C's. Se pueden encontrar compañías mediocres que ofrecen tímidos matices de orden y limpieza, pero esto no encaja en la nueva filosofía del sistema de fabricación. No se trata de mostrar de cara al público una imagen de limpieza, sino de seguir un método estructurado de organización y gestión lógica del puesto de trabajo, lo cual va a reportar numerosos beneficios y la eliminación de actividades innecesarias.

8.3.3 Implantación

El método para la implantación de manera eficaz de la filosofía de las 5C's es estructurado, y sigue un orden lógico. Una de las ventajas de éste método es que ofrece resultados de una manera rápida y visual a medida que se van haciendo cada uno de los pasos, detectando posibilidades de mejora de manera prácticamente inmediata.

Si se aplica el sentido común, el método en sí mismo no es una innovación respecto a todo lo realizado con anterioridad, sino que ordena y delimita los pasos naturales que

se aplican cuando es necesario una redistribución del espacio de trabajo: tareas como la selección, el orden y la limpieza son hechos que se emplean de manera habitual en situaciones corrientes fuera del ámbito del trabajo.

A continuación se van a describir con detalle cada uno de los pasos (C's) para lograr un puesto de trabajo óptimo y eficiente para la fabricación.

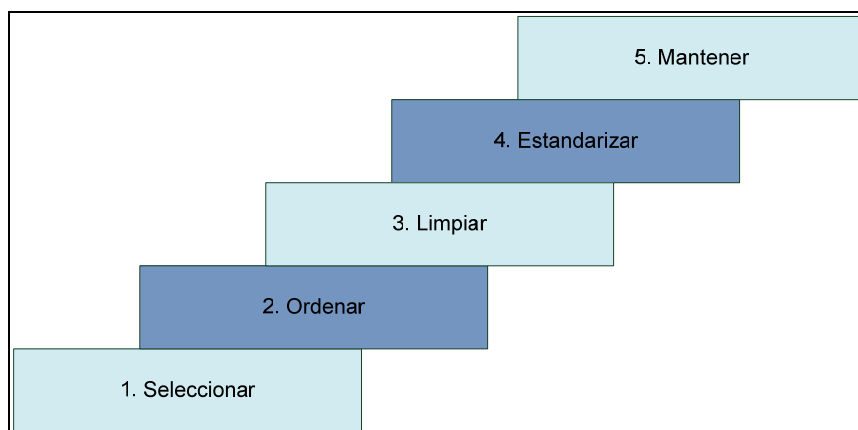


Figura 8. 22 Pasos para implantar las 5C's

1ª C: Seleccionar.

El primer paso es la retirada de elementos que no hacen falta en el puesto de trabajo, o que se han vuelto innecesarios pasado un periodo de tiempo. Elementos tales como herramientas y equipos rotos deben ser identificados, de modo que se proceda a su arreglo o a darlos por inútiles.

En el área de trabajo deben permanecer únicamente aquellos elementos necesarios que se usen con frecuencia, y, en la medida de lo posible, lo más cerca del foco de aplicación. No tienen sentido almacenar en una mesa de trabajo un equipo que va a ser usado en un avión a 60 m. del puesto de trabajo.

En este primer punto se debe contar con la conformidad de todas las personas responsables del área. No se debe dar nada por supuesto, y dejar en el puesto de trabajo lo necesario, no cosas almacenadas “por si acaso”. Para este caso específico, es útil la implantación de un “*Área de Cuarentena*”. En éste área se pueden almacenar, de manera temporal, los elementos de dudosa necesidad, o aquellos que, aunque no siendo necesarios, pueden serlo para otras personas o departamentos. Tras un periodo de aproximadamente dos semanas en el cual nadie ha retirado el elemento del área, se puede proceder a su eliminación mediante los procedimientos adecuados.



Figura 8. 23 Elementos innecesarios retirados y área de cuarentena

Tras la ejecución con éxito de éste primer paso del método, los principales beneficios obtenidos serán los siguientes:

- Liberación de espacio dentro del puesto de trabajo.
- Eliminación de obstáculos, reduciendo los riesgos innecesarios para los operarios y los elementos fabricados.
- Se mejora la gestión y el control del puesto.
- Sirve de punto de partida para el proceso de orden dentro de la línea de producción, desarrollando el sentimiento de propiedad y responsabilidad entre los operarios.

2ª C: Ordenar.

El siguiente paso del método pretende organizar, de una manera lógica, los elementos que son necesarios en el puesto de trabajo, tras el proceso de selección. Es necesario disponer de un lugar designado para que todo esté etiquetado, clasificado y claramente visible para el personal que va a emplear los elementos.

La ordenación de los elementos debe ser acorde con el desarrollo del trabajo, y puede conseguirse a través de varios métodos: según la frecuencia de uso, según el peso de los componentes y su grado de manipulación (por norma general, los componentes más ligeros deben situarse en las posiciones superiores de las estanterías, dejando en las inferiores las piezas más voluminosas), según la posición del avión donde van a ser ensambladas, etc.

Para la realización de este paso es de gran utilidad recordar las nociones expuestas acerca de los Controles Visuales: se pueden emplear marcas en el suelo, tableros de sombras, estanterías etiquetadas por posición,...

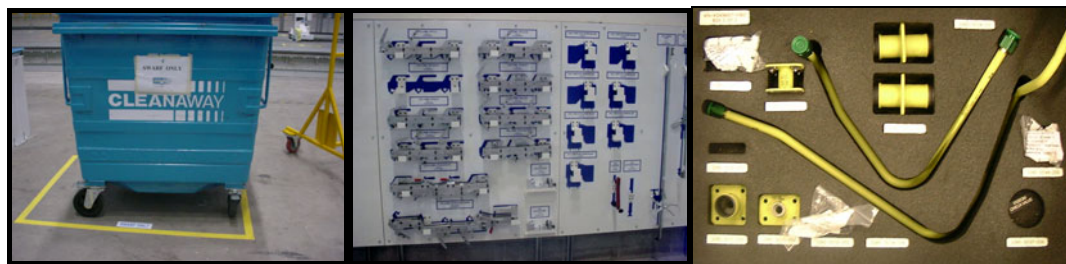


Figura 8. 24 Ejemplos de material ordenado

Ordenar el material ofrece a su vez numerosos beneficios adicionales, como son:

- Evita el amontonamiento de material en las zonas de almacenamiento.
- Facilita la búsqueda de los elementos, y la devolución de los mismos al lugar designado una vez que se han empleado.
- Favorece el proceso de limpieza.
- Sienta las bases de la estandarización del puesto de trabajo.

3ª C: Limpiar.

La limpieza constituye una de las mejores prácticas para tener una zona de trabajo en estado óptimo, y analizar cualquier desviación que se pueda producir frente al ideal.

La limpieza es responsabilidad de todo el personal, y su labor debe ser estructurada. Por un lado se tienen que realizar las operaciones principales diarias de limpieza, y planificar la búsqueda de focos de suciedad. Ésta acción es generalmente desarrollada por la subcontrata de personal de limpieza dentro de Airbus. Por otro lado, en este tercer paso se pretende involucrar al personal de producción, y para ello se debe elaborar un plan detallado de limpieza específica, donde se determinen puntos de revisión y responsables de verificar la correcta eliminación de puntos de suciedad dentro del puesto de trabajo.

La limpieza no debe ser entendida como una acción puntual; al contrario, debe generalizarse el mantenimiento de un área ordenada, y conseguir que a lo largo de la jornada laboral se dedique una pequeña parte del tiempo a mantener en buenas condiciones las herramientas, bancos de trabajo, gradas, útiles, etc.

Mediante la limpieza se consigue que los defectos sean más fáciles de detectar: las pequeñas fugas que se produzcan en los equipos hidráulicos, restos de virutas metálicas, etc. ahora son más fáciles de descubrir. Además, la percepción del cliente mejora en un entorno limpio y organizado, aumentando la salud y seguridad dentro del mismo.

4ª C: Estandarizar.

Mediante la estandarización se pretende ofrecer un puesto de trabajo óptimo, para asegurar el correcto mantenimiento de las 5C's. Los conceptos aplicados en las diferentes áreas estudiadas deben generalizarse por igual en toda la fábrica, de modo que la organización, limpieza y gestión de los mismos se produzca de la misma forma, ya sea dentro del área del A-320, el A-340, Sección 19 del A-380, etc.

El principal beneficio que se consigue en esta cuarta etapa es asegurar que el puesto de trabajo no se deteriore. Para ello, es de vital importancia que todo el personal involucrado conozca el estándar sobre el que se debe trabajar, y mejorar continuamente mediante la evaluación periódica del puesto de trabajo y la generación de acciones.

La estandarización promueve un hábito de la revisión y la aplicación de las tres primeras C's, mediante la creación del sentido de la propiedad dentro de los trabajadores. Mediante una correcta programación de las actividades de 5C's, y la revisión por parte de todo el personal, se generarán actividades para solucionar los posibles problemas dentro de la fábrica, y la toma de acciones correctoras será más rápida y eficaz.

5ª C: Mantener.

El mantenimiento es probablemente la acción más difícil de conseguir del método expuesto. Para llegar a éste fin, se necesita la colaboración de todos los departamentos involucrados en la fabricación (ingeniería, calidad, seguridad y salud laboral, medio ambiente, etc.).

Se deben fijar periodos de revisión interdepartamentales de una manera que se convierta en un hábito. Para ello, el método que se ha empleado en Airbus es la integración de las actividades de 5C's dentro del panel informativo SQCDP. De esta manera, se pueden aprovechar las distintas reuniones de nivel que acontecen en los paneles para informar acerca del estado de implantación y seguimiento de éste método de organización, así como el escalado eficiente de información y objetivos a través de la factoría.

Para conseguir, además, un alto grado de estandarización y control de las actividades realizadas, se generó, además, una Hoja de Confirmación de Proceso adaptada a la revisión de las actividades 5C's del área de trabajo. De este modo, se revisan periódicamente las actividades, y se retroalimentan los resultados para mejorar los estándares implantados.

Como se puede comprobar, la implantación y mantenimiento en el tiempo del método de las 5C's en el puesto de trabajo ofrece una gestión óptima del mismo, y ayuda a resolver de manera rápida los problemas que acontecen.

Las principales ventajas de éste método radican en el aumento de la seguridad, calidad y productividad de la zona de producción, ya que se consigue un mejor

ambiente para el trabajo y se concentran los esfuerzos en realizar las operaciones directas de producción, evitando búsqueda innecesaria de elementos, posicionamiento incorrecto de herramientas y útiles, desperfectos debido a la no identificación de potenciales zonas de acumulación de suciedad, etc.

Para conseguir implantar con éxito éste método, otro de los puntos clave analizados ha sido el trabajo en equipo. Mediante la estandarización, todo el personal de fabricación es consciente de los niveles de organización de los puestos de trabajo de la factoría, y trabaja activamente para solucionar los posibles problemas que se producen. De éste modo se crea la responsabilidad necesaria para poder ofrecer una fábrica limpia y segura, donde como fin último todos los departamentos directamente implicados en la elaboración del producto son conscientes de los estándares definidos, y trabajan conjuntamente para conseguir el Sosténimiento en el tiempo.



Capítulo 9. **GESTIÓN DE LA PROBLEMÁTICA**



“Aprendemos más de los errores que cometemos y de los problemas que solucionamos, que si en nuestra vida no existieran problemas y no cometiéramos errores.”

Al igual que en cualquier lugar o situación, en una cadena de producción pueden ocurrir problemas antes, después y durante el complejo proceso de implantación del nuevo método de fabricación.

Los problemas pueden presentarse de diferentes maneras, atacar a partes específicas dentro de un conjunto, ser nuevos o repetitivos. Repetir un problema supone un fallo en la manera de gestionar las situaciones anómalas, mientras que un problema nuevo significa, en términos generales, una oportunidad de mejora.

Con apoyo de las herramientas vistas con anterioridad, y los nuevos métodos que se analizarán en detalle en el presente capítulo, se estará en plena disposición de entender la naturaleza de un problema, atacarlo, y proponer ideas de mejora. Pero sobre la base de la resolución de problemas descansa la idea de **transparencia** de un proceso: si mediante las herramientas propuestas un grupo de trabajo es capaz de comunicar las cuestiones relevantes de manera visual, tanto física como verbalmente; entonces se está extrayendo la información fundamental del problema, de modo que se vuelve transparente, y surge la necesidad de aplicar acciones para rectificar las cuestiones que van fluyendo a través del conocimiento.

Hay una máxima que enuncia que entender y definir claramente un problema y su alcance es obtener el 50% de la solución. Si se hacen visibles los factores que intervienen en un problema, y la relación entre ellos, se pueden concentrar los esfuerzos en resolver cuestiones específicas, dejando de lado la incertidumbre y la especulación.

9.1 EL PROBLEMA

En términos globales, se suele llamar problema a todo acontecimiento no previsto que es capaz de influir de una manera perjudicial dentro de la cadena productiva. Ejemplos de problemas ocurren diariamente, y suelen clasificarse y atenderse en función de la gravedad de cada uno. Pueden existir problemas debido a la mano de obra humana (caída de piezas durante el montaje, defectos en el remachado, en la pintura), errores derivados de la gestión de la producción (retraso de entregas, falta de piezas, ...), etc.

Para dar una noción más global sobre éstas dificultades, se expone una nueva definición: un problema es todo aquello que se desvía de la **Norma** o expectativa. Se consideran, de éste modo, tres factores fundamentales a la hora del estudio:

- La Norma
- La Desviación de la Norma
- El Tiempo transcurrido

A continuación se propone un ejemplo (figura 9.1) de éste método:

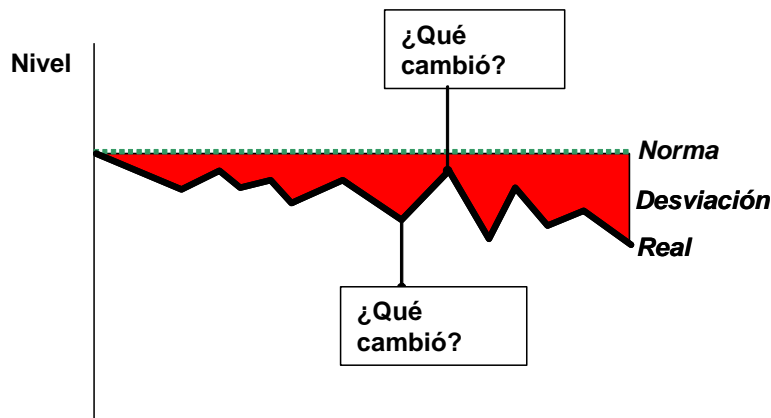


Figura 9. 1 Manifestación de un problema

Como se aprecia en el gráfico, existe un nivel continuo, que es la **Norma**. A modo de ejemplo, la Norma podría ser la desviación real de los ejes de giro de los timones respecto al valor teórico (lo ideal es que no hubiese ninguna desviación, por lo tanto sería $\pm 0^\circ$).

Con una línea negra de trazado grueso se ha representado la situación actual, la cual difiere de la teórica. En este caso, el error es variable. Previamente a este paso se ha producido un hecho relevante: debido a la incertidumbre de que los resultados se ajustasen a una situación óptima, se ha procedido a un registro periódico de los datos en cuestión, para de este modo analizar si se producen mejoras o deterioros en el tiempo.

La diferencia entre la situación real y la teórica reflejada en la Norma es llamada **Desviación**, y corresponde a la región coloreada en rojo sobre la gráfica. La Desviación de la Norma va a permitir una cierta calibración del problema, ya que determina el tamaño y alcance del mismo. Siguiendo con el ejemplo de los timones, no es lo mismo que haya una pequeña desviación en uno de los ejes (cuya corrección es relativamente sencilla), o que haya una gran desviación. Este último caso puede dar lugar a costosos reprocesos, ya que incluso puede estar fuera de la tolerancia admisible para éste tipo de elementos.

El último factor, **Tiempo**, va a permitir sacar importantes conclusiones de cara al comportamiento del problema. Conceptos como tendencia, estacionalidad,... van a aparecer implícitos en el estudio estadístico del proceso, el cual modelará un comportamiento futuro de las variables, ayudando a predecir posibles escenarios.

En relación con lo visto en apartados anteriores, conviene hacer una apreciación: los métodos de resolución de problemas que se van a estudiar en el presente apartado son conceptos que difieren de la Mejora Continua:

- La **resolución de problemas** es un concepto que parte de cero: ante una situación anómala, buscan la relación entre el problema y un comportamiento basado en una Norma o Estándar. De este modo, analizan la estabilidad y robustez de los procesos, llegando a predecir posibles escenarios futuros.
- La **Mejora Continua** es un método que parte desde la condición estándar lograda mediante las herramientas de resolución de problemas, e intenta una mejora de los métodos y procedimientos para conseguir una situación óptima y adaptarse a las necesidades variables del cliente.

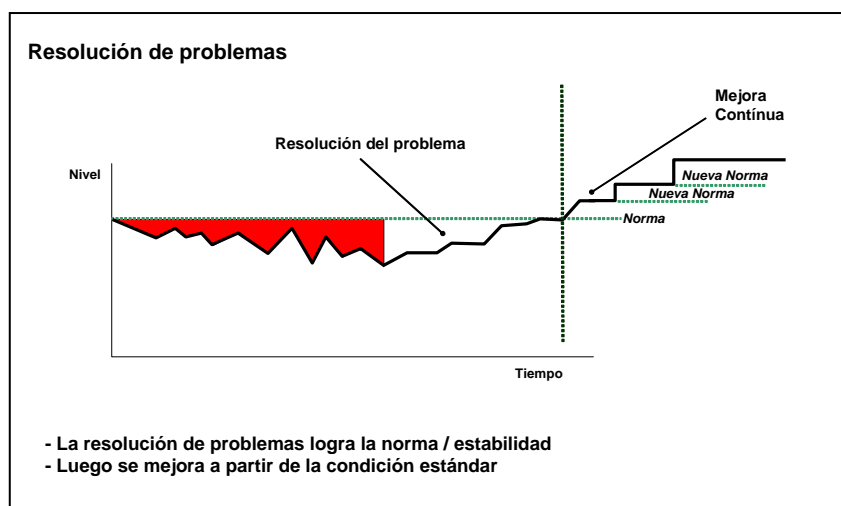


Figura 9. 2 Diferencias entre resolución de problemas y Mejora Continua

9.1.1 Solucionar un Problema

Dada la diferente naturaleza de los problemas, por norma general es imposible obtener toda la información relativa a ellos en una primera aproximación. Un problema puede presentarse en forma de defecto puntual o esporádico en un determinado número de piezas, para luego desaparecer de manera inexplicable. Otros, sin embargo, pese a tener noción de haber sido resueltos, aparecen bajo nuevos defectos en el futuro.

Para explicar éstos comportamientos anómalos, es de gran ayuda pensar en el **Modelo Iceberg**.

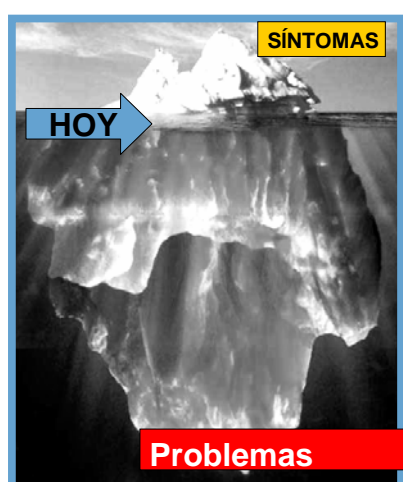


Figura 9. 3 Modelo Iceberg

Éste modelo trata de explicar el siguiente fenómeno: cuando se observa una desviación respecto al estándar, y no se conoce con rigor la naturaleza de la misma, pueden existir imperfecciones mayores que se camuflan dentro del proceso, a las cuales no se tiene acceso, y que son las verdaderas causantes de los síntomas que se manifiestan durante la jornada.

El objetivo de los métodos de resolución de problemas es ir bajando de manera progresiva el nivel de agua que rodea al iceberg, de modo que vayan aflorando las verdaderas causas de los problemas, y se puedan ir solucionando. Para ello es necesario contar con un proceso robusto, una estructura y destreza suficientes como para aplicar contramedidas a los asuntos que vayan surgiendo de la aplicación de éste método.

Como es lógico pensar, los métodos para la resolución de problemas han ido cambiando a lo largo del tiempo: tanto por la aparición de nuevas dificultades como por la forma de abordarlas.

La **Solución de Problemas Tradicional** estaba basada, por norma general, en la experiencia del personal involucrado. Los problemas solían ser bastante repetitivos, dada la escasa variabilidad de los procesos (eran poco flexibles).

A medida que se modernizan y flexibilizan los procesos, se hace necesaria una buena gestión del tiempo: se intentan solucionar de manera rápida las eventualidades para lograr que tengan el menor impacto en la cadencia de producción. Sin embargo, ésta filosofía puede provocar un efecto contraproducente: el afán por solucionar las dificultades de una manera rápida puede hacer que se pierda la visión del verdadero problema, cuando lo realmente importante es fijar las prioridades y eliminar la Causa Raíz.

La base de la **Solución de Problemas Actual** es una eficaz colección de datos, para posteriormente proceder al análisis exhaustivo de los mismos. Mediante el empleo de métodos y herramientas estandarizados se incrementa la fiabilidad, eficiencia y velocidad de los esfuerzos para la solución de problemas.

A lo largo del capítulo se van a exponer diversas herramientas para afrontar los problemas, y dependiendo de la naturaleza de cada uno se aplicarán Histograma, análisis de Pareto, diagramas de dispersión, diagramas de causa-efecto,...



Figura 9. 4 Métodos de solución de problemas

En el gráfico están mostrados algunos de los métodos de resolución de problemas más comunes. En la parte inferior de la pirámide se encuentran los métodos más usados, que afectan a problemas que no presentan un riesgo excesivo y pueden ser subsanados en un periodo de tiempo razonable. A medida que se escala en la pirámide, aparecen los métodos más complejos, los cuales necesitaran más tiempo y recursos.

Sin embargo, mediante el uso de éstos métodos se llega a la raíz del problema, y se pueden aplicar las contramedidas necesarias para solucionarlo.

9.2 MODELO DE SOLUCION DEL PROBLEMA

Sintetizando lo expuesto en el apartado anterior, se puede afirmar que solucionar un problema es aplicar un enfoque sistemático mediante el cual se analizan los puntos clave para eliminar la causa raíz de los mismos.

Un modelo bastante útil a la hora de solucionar los problemas es el modelo denominado “**Las 3 C’s**”. Para llegar a la solución permanente de un problema, se establecen 3 pasos fundamentales:

- Contener
- Contramedida
- Confirmar

En el primer punto, **Contener**, es donde por norma general se concentran la mayor parte de los esfuerzos. Usando la similitud con el modelo iceberg, se presenta el siguiente gráfico

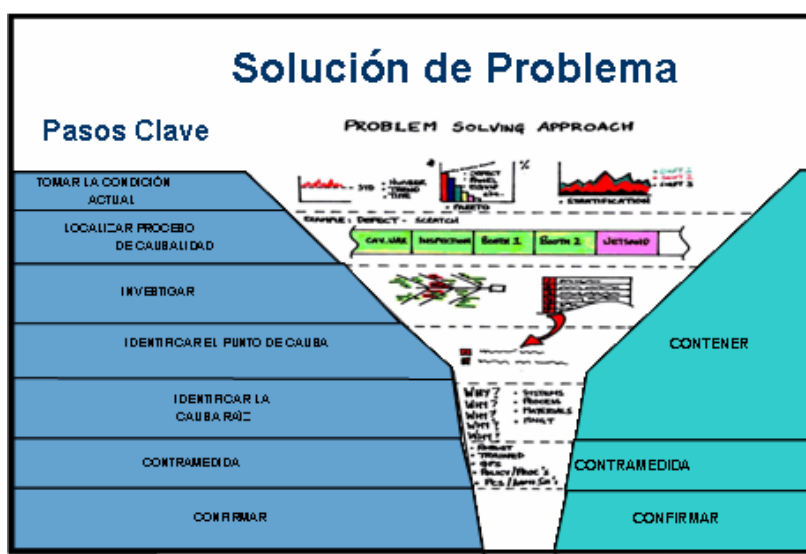


Figura 9. 5 Modelo de solución de problemas

Como se aprecia, Contener es el primer paso, el más próximo a la superficie, para empezar el análisis del problema. Dentro de éste punto hay diversas etapas, como la localización e investigación del proceso actual, y etapas a las cuales se llega a través de un estudio más detallado, como la identificación de Causa Raíz.

La etapa **Confirmar** sería el nivel más profundo, al cual sólo se llegaría una vez recorridos los niveles anteriores.

Los pasos clave, mostrados en la parte izquierda de la figura, son los necesarios para la identificación y solución de los problemas, y van a ser estudiados en detalle durante las etapas del modelo de solución de problemas que se plantea.

9.2.1 Etapas del modelo de Solución de Problemas



1. Identificación del Problema

El primer paso para enfrentarse a un problema es el mero acto de reconocerlo. Tratar de concienciar a los grupos de trabajo que tras defectos y errores, aunque sean de dudosa relevancia, pueden esconderse verdaderos problemas que no se han tenido en cuenta.

En esta primera etapa pueden ser de utilidad los conceptos adquiridos a través de las 5C's y la Gestión Visual, no como meras herramientas de solución de problemas, sino como apoyo a la identificación y definición de los mismos.

Hay que recordar que el objetivo fundamental es ir bajando el “nivel de agua” del iceberg, e ir identificando nuevas causas para entender el problema.

Para entender el problema y analizar su comportamiento, es de vital importancia en esta etapa la **toma de datos**. Estos datos deben de ser recogidos de una manera eficaz, y ser visibles por el personal involucrado en el ejercicio de resolución. No es mejor un sistema que recoja infinidad de variables de estado, lo que se pretende es tener información de aquellas relacionadas directamente con el problema.

Mediante la colección de datos se pueden obtener informaciones rápidas y sencillas sobre las variables involucradas en un problema.

Por lo tanto, la primera herramienta que se aplica en la etapa de Identificación es la denominada “**8 D**”.

El 8D se utiliza para el proceso de documentación: es decir, para capturar todos los datos relevantes e ilustrar todos los problemas y preocupaciones. Los **Cinco Por Qué**s son herramientas útiles contenidas dentro de este documento y ayudarán a identificar la causa raíz.

D0 - Preparación	Determinar objeto e iniciar el 8D a aplicar. Proporcionar una Acción de Respuesta de Emergencia (ERA) para proteger al cliente.
D1- Establecer Equipo	Definir los miembros del equipo, identificar funciones, acordar disciplinas y responsabilidades dentro del equipo.
D2 - Definición	Determinar la definición completa del problema; qué, dónde, cuándo, cómo de grande, etc. , en términos cuantificables y para determinar a qué logro de la investigación se parece
D3 - Contención	Definir e implementar y verificar la Acción de Contención Provisional (ICA) para aislar al cliente de los efectos del problema.
D4- Causa raíz y Punto de Escape	Determinar la causa raíz y el punto más temprano en el proceso, dónde podría haber sido detectado pero que no fue, y verificar.
D5 – Elegir PCA's	Analizar las acciones correctoras posibles para determinar la Acción Correctora Permanente (PCA) y el punto de escape y verificar.
D6-Implementar PCA's	Planificar e implementar las acciones correctoras elegidas y validar el sobre tiempo. Eliminar la Acción de Contención Provisional.
D7- Prevenir Recurrencia	Asegurar que los sistemas se actualizan para reflejar los cambios (políticas, prácticas, procedimientos, FMEA, etc.) para prevenir la reaparición de estos o similares.
D8 - Equipo	¡Felicitarse al equipo y sus componentes en el éxito! Almacenar el documento completado

Figura 9.7 Las 8 D's

Para entender mejor la potencia de éste método, se propone a continuación un ejemplo real de un problema que surge en el área de trabajo.

Ejemplo práctico. Cierta número de piezas del avión, dada su importancia, deben llevar consigo unas etiquetas especiales, las cuales informan de aspectos relevantes de la misma (fabricante, número de serie, parte del avión a la que corresponde, avión al que debe ser montada, fechas,...). Estas piezas deben de ser revisadas por personal de producción y verificadores de calidad cualificados, antes de ser enviadas o montadas en el avión.

[illegible]

Figura 9. 8 Detalle de las etiquetas identificativas

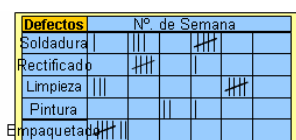
Tras numerosas quejas por parte del personal de producción y calidad, debido a constantes problemas con las etiquetas, se pasó al estudio de los síntomas que se manifestaban en el taller.

El primer paso tras la identificación del problema (malestar con el uso de las etiquetas identificativas) es la colección de datos. A través de la observación y comentarios del personal involucrado, se obtienen una serie de datos que ayudan a describir con más detalle el problema. En el ejemplo en cuestión, los inconvenientes que se presentaban fueron clasificados en:

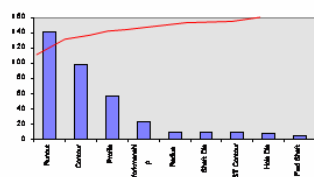
- Las piezas iban sin etiquetas, éstas se habían perdido en el almacén, o durante la manipulación.
- Los sellos (de montaje, calidad, fabricante, etc.) no estaban, o eran ilegibles.
- Faltaba algún dato a rellenar en la etiqueta identificativa.
- El número de serie de la pieza estaba duplicado con otra, o era erróneo.
- Falta el número de la pieza.
- Existían problemas y disconformidades entre las piezas a montar en el avión y la documentación de ingeniería.
- Otros tipos de problemas.

Una vez disponible toda la información relativa al problema, se deben aplicar ciertos métodos para extraer conclusiones. En esta etapa puede ser útil el empleo de herramientas informáticas, que ayudan a un procesado eficaz y rápido de los datos.

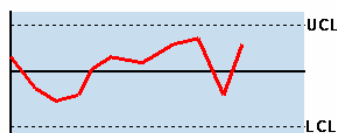
Hay varios métodos para estudiar los datos:



• Hojas de Comprobación



• Análisis de Pareto



• SPC: Control de Proceso Estadístico

Figura 9. 9 Herramientas de estudio de los datos

- Hojas de comprobación.

Son documentos relativamente sencillos, en los cuales se apunta el problema que se observa, y las veces que ha surgido durante un periodo de tiempo. Da una idea rápida de la repetitividad e importancia de cada error, y la información es válida para elaborar un histograma.

- Análisis de Pareto.

El análisis de Pareto puede entenderse como un paso posterior al histograma de frecuencias. La información adicional que ofrece éste método es que permite a un grupo de trabajo la priorización de las preocupaciones relativas a cada problema. Dentro de éste análisis, se le otorgan puntuaciones a cada eventualidad, en función de parámetros como la gravedad, repetitividad, detectabilidad,...

- Control Estadístico de Procesos (SPC).

Éste método es la clave para convertir un proceso en controlable y observable para un grupo de trabajo. Está basado fundamentalmente en herramientas y técnicas estadísticas, a través de las cuales se puede no sólo entender el comportamiento actual, sino predecir posibles estados futuros. Conceptos tales como la tendencia, estacionalidad,... serán estudiados en ésta etapa, para ver cómo se comportan las desviaciones frente al modelo teórico, y se trabajará con límites superiores e inferiores para asegurar que los defectos están o no dentro de unas tolerancias admisibles.

Los métodos para el estudio de los datos recogidos durante la etapa anterior se expondrán ampliamente en el apartado 9.5, correspondiente a las Siete Herramientas de Calidad.

Siguiendo con el ejemplo de las etiquetas identificativas, una vez anotados los tipos de problemas producidos, se estudiaron durante un periodo de tiempo determinado, haciendo posteriormente un histograma con los datos obtenidos.

La conclusión que se desprendió del estudio fue rápida y directa: de todos los problemas anotados, los correspondientes a las tres primeras categorías (a., b. y c.) tenían el mayor peso, ya que causaban el 90% de los problemas observados.

Posteriormente, se pasó al estudio de cada uno de los problemas en cuestión, centrando los esfuerzos en detallar cada característica, y estudiando los valores de gravedad, detectabilidad y frecuencia, para de este modo priorizar las actuaciones.

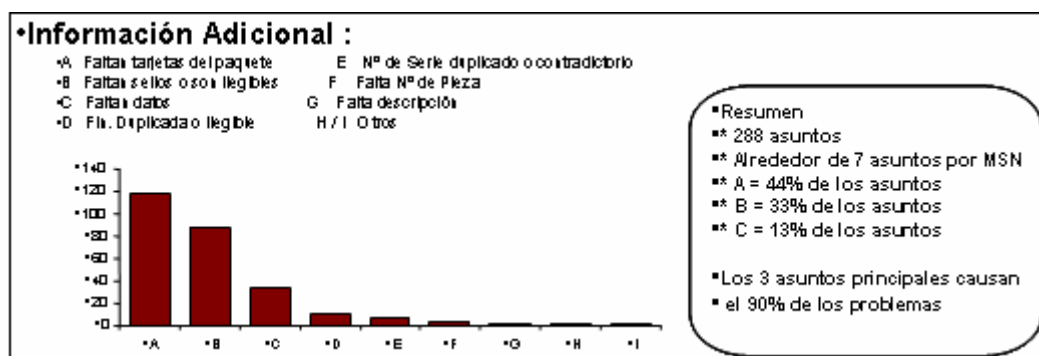


Figura 9.10 Categorías de problemas

2. Investigación

El Paso 1 ha servido para hacer aflorar el problema, darle visibilidad y discernir los posibles síntomas que manifiesta.

En esta nueva etapa, se trata de ver las posibles relaciones de los síntomas que se han manifestado. Para ello, se usa una herramienta denominada **Diagrama Causa Efecto**. En terminología inglesa éste diagrama es denominado *Fishbone*, cuya traducción literal es “espina de pez”, debida a su notable similitud con el esqueleto de un pez.

En este paso es necesario reunir e implicar a los responsables del equipo de trabajo para generar los factores potenciales de causalidad. Para obtener información útil se puede seguir el siguiente esquema:

- Concienciar al equipo de trabajo sobre los problemas y síntomas identificados.
- Realizar un ejercicio de *Brainstorming* de los factores potenciales que pueden estar provocando dichos problemas.
- Clasificar dichos factores dentro de la estructura del diagrama Causa Efecto.

En el diagrama Causa Efecto, los factores candidatos susceptibles de provocar el problema se dividen dentro de cinco categorías: **Entorno, Método, Maquinaria, Personas y Materiales**. Cualquier idea identificada durante el proceso de *Brainstorming* debe ser asignada a una de éstas cinco categorías, para posteriormente pasar a la priorización de los factores pertenecientes a un mismo grupo.

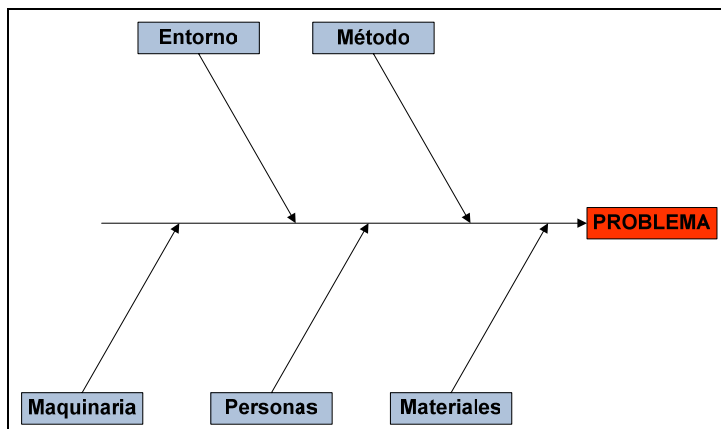


Figura 9. 11 Diagrama Causa Efecto

La siguiente figura ilustra los puntos tras el proceso de *Brainstorming* y clasificado, del ejemplo de etiquetas identificativas. No hay que olvidar que se deben recoger todas las ideas propuestas, aunque a simple vista carezcan de valor, ya que pueden ser útiles para relacionar conceptos entre sí y determinar la causa raíz, que es el siguiente paso del método.

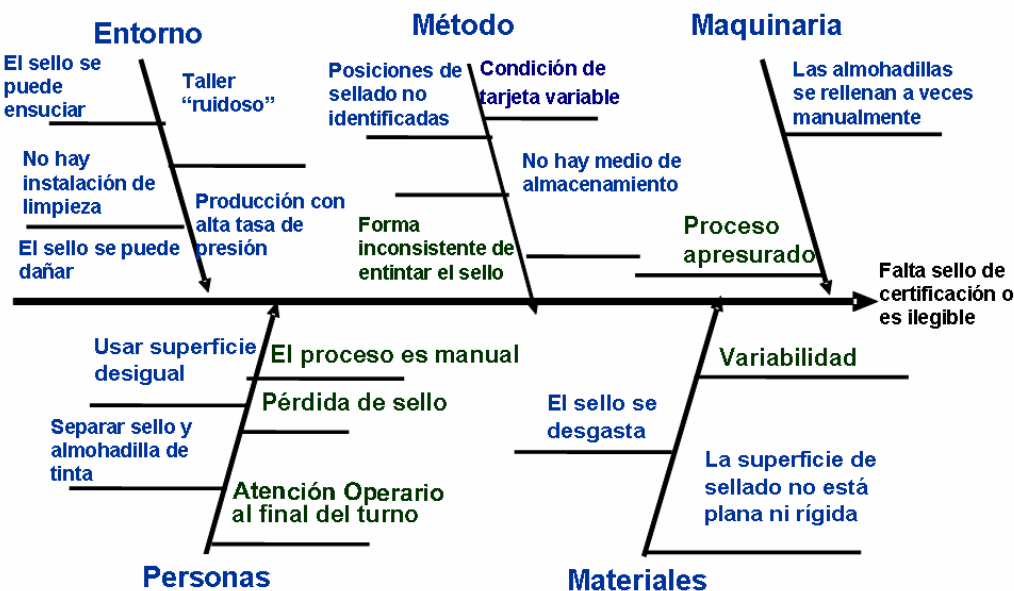


Figura 9. 12 Elaboración del diagrama Causa Efecto

3. Identificación de la causa Raíz

En éste paso se procede al estudio detallado de los puntos que han aparecido durante la etapa de *Brainstorming*. Se revisan las ideas, y se discute acerca de su implicación o no dentro de las categorías a las cuales han sido asignadas.

En este paso, el punto clave es la confirmación de las ideas propuestas. Como se ha podido apreciar en el ejemplo, dentro de una misma categoría pueden existir diversas causas que aparentemente pueden influir en el problema. La manera de priorizar y discriminar las ideas es mediante el **Factor de Causalidad**. Para ello, la mejor manera es definir a personas responsables dentro de cada categoría, y mediante el acuerdo de un horizonte temporal (para el estudio y evaluación de las ideas) y la confirmación de cómo afectan al problema, proporcionar un factor (que va del uno al tres) en función de cual sea el grado de impacto de dicha idea en el problema.

	Potential Causation Factors	Resp	When	Status
Method	Inconsistent way of inking stamp	TN	03-Jun	1
	No SOI	TN	04-Jun	
	No SPL	TN	06-Jun	
	No test process	TN	09-Jun	
Man	Operator awareness	HW	07-Jun	3
	Stamp lost	HW	01-Jun	
	Variability due to technique	TN	08-Jun	
	Rush process at end of shift	HW	05-Jun	
	Process is manual	JN	06-Jun	
Machinery	Stamp may become damaged	HW	03-Jun	2
	No cleaning facilitv	TN	03-Jun	
	No etc	JN		

Figura 9. 13 Priorizar a través del Factor de Causalidad

Éste paso, aunque aparentemente sencillo, puede dilatarse en el tiempo debido a que tiene gran importancia a la hora de analizar las ideas recogidas en etapas anteriores. Dar una priorización a las posibles causas es algo laborioso, en ocasiones se debe analizar de nuevo el problema, volver a hacer mediciones y tomas de datos, e incluso poner de acuerdo a varias personas a la hora de asignarle un nuevo nivel de importancia dentro de la categoría.

De la Priorización basada en el Factor de Causalidad depende el éxito o el fracaso del siguiente paso para identificar la causa raíz: **Los Cinco Por Qué**s.

Éste método se basa en una sucesión de preguntas, de modo que cada respuesta a la pregunta formulada sea de nuevo el siguiente por qué .

Mediante los Cinco Por Qué s se obtienen dos objetivos:

- El hallazgo mediante técnicas similares al pensamiento inductivo, (aquel proceso en el que se razona partiendo de lo particular para llegar a lo general, justo lo contrario que con la deducción), de la causa raíz de un problema, con el fin de eliminarla en su totalidad.
- Habituar a las personas a relacionarse con los problemas, y usar su propia experiencia e inteligencia para proponer las sucesivas preguntas implicadas en el método.

Originalmente se denomina Cinco Por Qués debido a que, teóricamente, sólo debería ser necesario hacer cinco preguntas para llegar a encontrar la causa raíz. Pero empíricamente se ha demostrado que no siempre se puede hallar en cinco pasos, siendo necesarios siete, ocho pasos e incluso más, dependiendo de la complejidad del problema, datos del mismo, facilidad de medición de las variables,...

El método de los Cinco Por Qués va a ser aplicado en aquellas ideas dentro de cada categoría del diagrama Causa Efecto a las cuales han sido asignadas un factor de causalidad comprendido entre uno y tres.

Siguiendo con el ejemplo propuesto de las etiquetas identificativas, una vez realizado el diagrama Causa Efecto, se obtienen mediante el estudio de la causa raíz la priorización basada en el Factor de Causalidad. Las ideas cuyo factor es determinante son redondeadas en rojo para posteriormente ser analizadas bajo el método de los Cinco Por Qués.

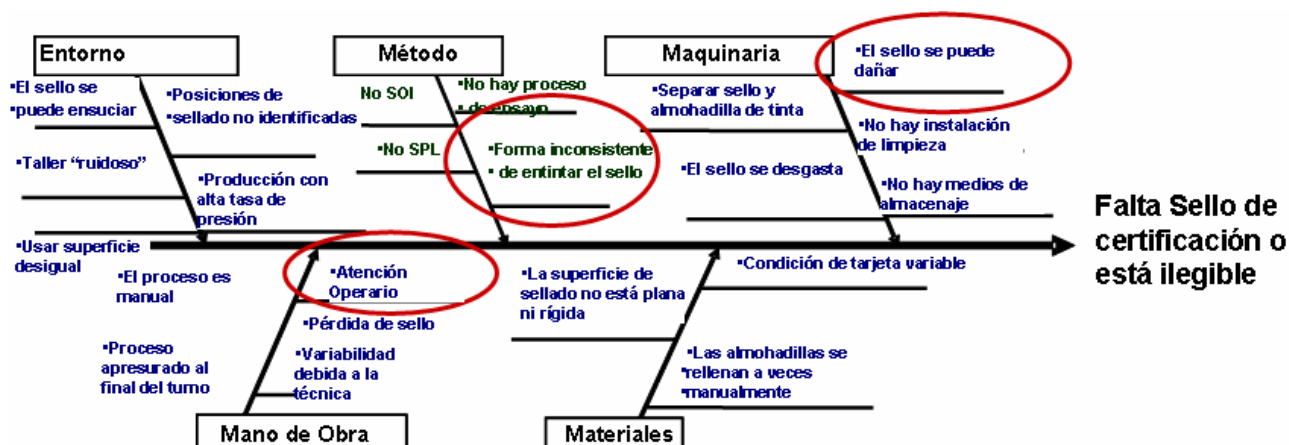


Figura 9. 14 Priorización a través del diagrama Causa Efecto

A continuación se escoge una de las ideas para ser analizada bajo el método descrito. Por ejemplo, se elige la siguiente idea: "Forma inconsistente de entintar un sello".

Las preguntas que se deben formular serán las siguientes:

Pregunta 1: ¿Por qué es inconsistente la forma de entintar un sello?

Respuesta 1: Porque se aplica demasiada tinta al sello.

Pregunta 2: ¿ Por qué se aplica demasiada tinta al sello?

Respuesta 2: Porque se aplica demasiada presión sobre la almohadilla.

Pregunta 3: ¿ Por qué se aplica demasiada presión sobre la almohadilla?

Respuesta 3: Porque no existe un mecanismo de control

Pregunta 4: ¿ Por qué no existe un mecanismo de control?

Respuesta 4: Porque la operación de sellado es una operación manual, no estandarizada, y depende mucho del factor humano.

Pregunta 5: ¿ Por qué la operación de sellado es una operación manual, no estandarizada?

Respuesta 5: Porque las almohadillas de tinta están separadas del sello, son dos piezas diferentes.

Pregunta 6: ¿ Por qué las almohadillas de tinta están separadas del sello?

Respuesta 6: Porque los operarios no tienen sellos autoentintables.

Pregunta 7: ¿ Por qué los operarios no tienen sellos autoentintables?

Respuesta 7: Porque las condiciones actuales de suministro están fijadas desde hace tiempo, y no se ha contemplado el cambio de proveedor o la implantación de otro método para ésta operación.

En este caso se han utilizado siete preguntas para llegar al final del problema. Sin embargo, con frecuencia la causa raíz no suele ser la respuesta a la última pregunta realizada: en el ejemplo la causa raíz del problema de la forma de entintar un sello no es debido a la condición de suministro, sino que es provocada por realizar una operación manual, no estandarizada, donde no hay una Instrucción de Operación Estándar, en la cual se detalle el procedimiento correcto de entintado de los sellos.

4. Contramedidas

Tras los esfuerzos invertidos en la solución de problemas se ha logrado discernir la causa raíz de los mismos. Por lo general, a lo largo del método descrito se han ido identificando problemas y acciones correctoras, que pueden servir de contramedidas al punto de causa inicial.

De esto se deduce que la identificación de la causa raíz es primordial, ya que si no se establece esta causa, los problemas se repetirán. Es decir, el esfuerzo invertido en la solución de problemas se puede convertir en un derroche, dado que está compuesto de:

- Tiempo
- Esfuerzo
- Motivación
- Rendimiento
- Coste

La potencia del método propuesto radica en que, una vez identificada la causa raíz, se pueden aplicar directamente las acciones correctoras.

Éstas acciones correctoras, debido a la tipología del problema, pueden ser provisionales o definitivas.

En el caso de tener que aplicar acciones de contención provisional, se puede usar el formato que se propone a continuación.

Acción(es) de Contención Provisional (ICA) D3: -	Verificada	Implementado	Validado	Eliminado		QSR / SB
	Fecha	Fecha	Fecha	SI	NO	Doc No: -
	Descripción Verificación: -					
	Descripción Verificación: -					

Figura 9. 15 Hoja de seguimiento de acciones de contención

Para verificar si la acción de contención provisional es realmente eficaz, se deben implementar una serie de comprobaciones periódicas. Mediante la identificación de responsables del seguimiento y control de las acciones de contención, se pueden plasmar en la hoja diferentes cuestiones acerca del problema, para ver su evolución.

En el ejemplo del problema con el entintado de los sellos, se llegó a la conclusión de que la causa raíz era la ausencia de una norma que indicase exactamente y sin ambigüedad cómo se debía realizar dicha operación.

Conceptualmente, las preguntas para llegar a la formulación de una **contramedida eficaz** deberían ser:

- ¿Existe una norma para dicha operación?
- ¿La norma está definida con claridad, y está actualizada?
- ¿Ha recibido formación todo el personal relevante?
- ¿Se puede asegurar que se utiliza la norma?

Ahora parece más fácil adecuar la contramedida a una pregunta específica de las formuladas. Además, dichas preguntas pueden sacar a la luz deficiencias en el proceso, las cuales no serían visibles de no haber realizado de manera rigurosa el análisis de causa raíz anterior.

Las preguntas sobre éste y otros problemas pueden abarcar diferentes ámbitos: pueden ser específicas de un área de trabajo, ser generales para toda la fábrica, pueden hacer referencia a las tareas propias del proceso, etc.

En el ejemplo anterior, las consideraciones que se pueden tomar son las siguientes:



Figura 9. 16 Consideraciones finales

A continuación se propone un formato de documento a través del cual se han resumido los pasos tomados para llegar a la solución del problema propuesto.

*Fecha:	*Turno:	*HOJA DE ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ	*NÚMERO PRD / BANDA:																																				
<p>*Contramedida propuesta</p> <p>*1. Implementar lección de punto único</p> <p>*2. Elevar la atención del operario y suplementar con SOI</p> <p style="text-align: right;">*3. Producir y expedir sellos auto entintables</p> <p style="text-align: right;">*4. Instigar la confirmación del proceso</p>																																							
<p>*Entorno</p> <p>• El sello se puede ensuciar</p> <p>• Taller ruidoso</p> <p>• Usar superficie desigual</p>		<p>*Método</p> <p>• Posiciones de sellado no identificadas</p> <p>• No hay proceso de ensayo</p> <p>• No SPL</p> <p>• Forma inconsistente de entintar el sello</p> <p>• Atención Operaria</p> <p>• Pérdida de sello</p> <p>• Variabilidad debida a la técnica</p>																																					
<p>*Maquinaria</p> <p>• Separar sello y almohadilla de tinta</p> <p>• El sello se desgasta</p> <p>• No hay instalación de limpieza</p> <p>• No hay medios de almacenaje</p>		<p>*El sello se puede dañar</p> <p>• No hay medios de limpieza</p> <p>• No hay medios de almacenaje</p>																																					
<p style="text-align: center;">*Problema:</p> <p style="text-align: center;">Falta Sello de certificación o está ilegible</p>																																							
<p>*¿POR QUÉ ? (5 veces)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">*1</th> <th style="width: 25%;">*2</th> <th style="width: 25%;">*3</th> <th style="width: 25%;">*4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>• Entorno: Forma incorrecta de aplicar el sello</td> <td>• Asunto: goma de sello dañada</td> <td>• Asunto: Atención del operario</td> <td>• Asunto: Atención del operario</td> </tr> <tr> <td>• 1. Se aplica de manera incorrecta el sello</td> <td>• 1. Sello contaminado con FOD</td> <td>• 1. Cantidad incorrecta y aplicación al azar</td> <td>• 1. Cantidad incorrecta y aplicación al azar</td> </tr> <tr> <td>• 2. Se aplica de manera incorrecta la almohadilla de tinta</td> <td>• 2. Sello almacenado en condiciones inadecuadas</td> <td>• 2. Sello no almacenado correctamente</td> <td>• 2. Sello no almacenado correctamente</td> </tr> <tr> <td>• 3. No existe control del mecanismo</td> <td>• 3. No hay medio de almacenaje disponible</td> <td>• 3. No hay certificación concorde</td> <td>• 3. No hay certificación concorde</td> </tr> <tr> <td>• 4. Operación manual o errónea de 2 piezas</td> <td>• 4. No se proporciona medio de almacenaje</td> <td>• 4. Sello se deja al final del turno o con otro</td> <td>• 4. Sello se deja al final del turno o con otro</td> </tr> <tr> <td>• 5. Almohadillas repuestas del mismo tipo</td> <td>• 5. Sello no almacenado en condiciones adecuadas</td> <td>• 5. Falta de cumplimiento del proceso</td> <td>• 5. Falta de cumplimiento del proceso</td> </tr> <tr> <td>• 6. Operador no lleva sello auto entintable</td> <td>• 6. Control por parte de gestión</td> <td>• 6. Control por parte de gestión</td> <td>• 6. Control por parte de gestión</td> </tr> <tr> <td>• 7. La condición actual de similar es mala</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				*1	*2	*3	*4	• Entorno: Forma incorrecta de aplicar el sello	• Asunto: goma de sello dañada	• Asunto: Atención del operario	• Asunto: Atención del operario	• 1. Se aplica de manera incorrecta el sello	• 1. Sello contaminado con FOD	• 1. Cantidad incorrecta y aplicación al azar	• 1. Cantidad incorrecta y aplicación al azar	• 2. Se aplica de manera incorrecta la almohadilla de tinta	• 2. Sello almacenado en condiciones inadecuadas	• 2. Sello no almacenado correctamente	• 2. Sello no almacenado correctamente	• 3. No existe control del mecanismo	• 3. No hay medio de almacenaje disponible	• 3. No hay certificación concorde	• 3. No hay certificación concorde	• 4. Operación manual o errónea de 2 piezas	• 4. No se proporciona medio de almacenaje	• 4. Sello se deja al final del turno o con otro	• 4. Sello se deja al final del turno o con otro	• 5. Almohadillas repuestas del mismo tipo	• 5. Sello no almacenado en condiciones adecuadas	• 5. Falta de cumplimiento del proceso	• 5. Falta de cumplimiento del proceso	• 6. Operador no lleva sello auto entintable	• 6. Control por parte de gestión	• 6. Control por parte de gestión	• 6. Control por parte de gestión	• 7. La condición actual de similar es mala			
*1	*2	*3	*4																																				
• Entorno: Forma incorrecta de aplicar el sello	• Asunto: goma de sello dañada	• Asunto: Atención del operario	• Asunto: Atención del operario																																				
• 1. Se aplica de manera incorrecta el sello	• 1. Sello contaminado con FOD	• 1. Cantidad incorrecta y aplicación al azar	• 1. Cantidad incorrecta y aplicación al azar																																				
• 2. Se aplica de manera incorrecta la almohadilla de tinta	• 2. Sello almacenado en condiciones inadecuadas	• 2. Sello no almacenado correctamente	• 2. Sello no almacenado correctamente																																				
• 3. No existe control del mecanismo	• 3. No hay medio de almacenaje disponible	• 3. No hay certificación concorde	• 3. No hay certificación concorde																																				
• 4. Operación manual o errónea de 2 piezas	• 4. No se proporciona medio de almacenaje	• 4. Sello se deja al final del turno o con otro	• 4. Sello se deja al final del turno o con otro																																				
• 5. Almohadillas repuestas del mismo tipo	• 5. Sello no almacenado en condiciones adecuadas	• 5. Falta de cumplimiento del proceso	• 5. Falta de cumplimiento del proceso																																				
• 6. Operador no lleva sello auto entintable	• 6. Control por parte de gestión	• 6. Control por parte de gestión	• 6. Control por parte de gestión																																				
• 7. La condición actual de similar es mala																																							
<p>*Información Adicional:</p> <p>*A. Faltan tarjetas del paquete</p> <p>*B. Faltan sellos o son ilegibles</p> <p>*C. Faltan datos</p> <p>*D. Fin. Duplicada o ilegible</p> <p>*E. N° de Serie duplicado o contradictorio</p> <p>*F. Falta N° de Pieza</p> <p>*G. Falta descripción</p> <p>*H. Otros</p>																																							
<p>*Resumen</p> <p>• 288 asuntos</p> <p>• Alrededor de 7 asuntos por MSK</p> <p>• A = 44% de los asuntos</p> <p>• B = 33% de los asuntos</p> <p>• C = 13% de los asuntos</p> <p>• Los 3 asuntos principales causan el 90% de los problemas</p>																																							

Figura 9. 17 Resumen del método

5. Confirmación

La confirmación es el último paso del método de resolución de problemas expuesto en este capítulo, y tiene como objetivo asegurar que las contramedidas elaboradas son efectivas, y están normalizadas.

Mediante la confirmación se obtiene un documento en el cual se plasman diferentes cuestiones, como pueden ser:

- Acciones de contención temporales (descripción y fecha de implantación).
- Acciones correctivas permanentes.
- Gráfico de evolución de las acciones correctivas.
- Personas responsables de la implantación y control de las acciones de contramedida.
- Recomendaciones útiles (de fabricantes, distribuidores, etc.).
- Ideas de mejora para el futuro.
- Reconocimiento individual y de equipo.

De esta manera, se hace un seguimiento riguroso de las condiciones de la nueva contramedida tras su implantación. Por norma general, el tiempo en el cual se debe prestar una atención mayor a la contramedida suele estar presente durante las tres semanas posteriores a su implantación. Durante este periodo, es crucial la verificación mediante tomas de datos y análisis de la nueva solución propuesta, así como el estudio objetivo de los nuevos resultados obtenidos, para verificar si hay una mejora significativa en alguno de los aspectos.

9.2.2 Resumen

Mediante los pasos expuestos en la solución de problemas, se llega a tener un método estructurado para enfrentarse a las inclemencias del sistema productivo.

Se cumple, además, otro de los objetivos bajo los que se fundamenta la filosofía del nuevo sistema de trabajo: todas las personas pueden tener acceso a la información de los problemas, y pueden usar sus conocimientos y experiencias para solucionarlos.

Además el método planteado sirve de ayuda para resolver aquellas acciones que se han retrasado en el Plan de Implementación Táctico; de éste modo pueden ser recuperadas, actualizadas, y aprender de cómo se han resuelto para enfrentarse a ellas en futuras ocasiones, en el caso de que se repitan.

Para concluir el capítulo, se proponen unos sencillos requisitos necesarios para que cualquier persona relevante en el proceso de producción pueda aplicar los conceptos y técnicas de solución de problemas expuestos en este capítulo.

1. Se debe proponer un sistema de escalamiento eficaz del problema, y en especial, cómo se debe fijar el requisito de la información a transmitir entre los diferentes niveles.
2. Se debe fijar el formato de la información a transmitir, y el proceso de revisión de la misma (diaria, semanal, mensual,...).
3. Durante el proceso de solución del problema, se debe confirmar el progreso de las soluciones aplicadas. Un sencillo método como *Go Look & See* (Ir Mirar Observar) puede ser de gran utilidad en este punto.
4. Adecuar las soluciones de contención temporal en un horizonte de tiempo determinado.
5. Apoyar mediante la cooperación interdepartamental la investigación del progreso de las soluciones propuestas.
6. Integrar la revisión de los problemas dentro de las reuniones habituales de los diferentes departamentos.
7. Impulsar la formación y el seguimiento de los problemas, y no sólo los relacionados directamente con el producto. Cuestiones como la productividad, eficiencia, seguridad, etc. también forman parte del proceso productivo, y deben ser analizadas al igual que otros conceptos.

9.3 *LOS SIETE DESPERDICIOS*

Como se ha analizado en capítulos anteriores, los defectos y errores que se producen durante el proceso productivo son síntomas de ineficiencias.

La ineficiencia puede estar intrínseca en el proceso productivo, debido a la falta de estandarización de las actividades, escasa formación de la plantilla,... Pero también se pueden producir errores debido a las condiciones de trabajo, y entornos inadecuados para la organización de ciertas operaciones.

Al margen de este comentario, hay otra fuente de problemas dentro de una fábrica, y que también puede dar lugar a errores e ineficiencias durante el trabajo: el **Desperdicio**.

Durante la definición llevada a cabo del nuevo sistema productivo de Airbus, se expuso que dicho sistema estaba enfocado a la implantación de una producción eficiente, que permitiese realizar las entregas a los clientes de los productos requeridos, y sin defectos. Además, el nuevo sistema debería ser capaz de reducir al máximo el desperdicio, consiguiendo una reducción de costes y maximizando la creación de valor en la empresa.

Es decir, mediante la identificación y posterior eliminación de las actividades que dan lugar a la creación de desperdicios, se conseguirá un aumento de rentabilidad del negocio, y como consecuencia su éxito y capacidad a largo plazo.

Es de vital importancia, pues, seguir unas técnicas adecuadas para la identificación de los desperdicios, ya que no es tarea fácil a primera vista el control de los mismos. A lo largo del capítulo, el objetivo primordial será la definición y demostración con ejemplos prácticos de lo que se denomina desperdicio en la empresa, para poder posteriormente comprender por qué los desperdicios ocasionan ineficiencias en el proceso. Además, se clasificarán dentro de categorías, y se expondrán un conjunto de técnicas para su reducción.

9.3.1 El Desperdicio

Para la ejecución de una tarea dentro de un sistema productivo, se deben de llevar a cabo una serie de actividades, las cuales pueden ser clasificadas dentro de tres grupos:

- Actividades que añaden valor
- Actividades que no añaden valor, pero necesarias
- Desperdicios

Recordando lo que se vio en el capítulo 5 (Implantación y Estandarización), la empresa debe centrarse en maximizar aquellas actividades de valor añadido, que serán aquellas que producirán beneficios dentro de la organización. Estas actividades van generando valor al producto, dado que al término de las mismas el elemento fabricado posee un valor superior del que tenía inicialmente.

Se deben minimizar en la medida de lo posible aquellas actividades de no valor añadido, pero necesarias, tales como los cambios de maquinaria, inspecciones repetitivas, movimiento de piezas,... No pueden ser eliminadas totalmente ya que forman parte del proceso productivo, pero sí pueden ser estudiadas y sometidas a pruebas para ver si es viable una reducción de las mismas.

El tercer grupo lo forman las actividades **Desperdicio**. Por desperdicio se entiende cualquiera de las operaciones que no son esenciales para hacer un elemento, y constituyen un gasto para la empresa. Actividades tales como esperas, búsqueda de elementos, aparición de defectos,... no aportan valor añadido al producto, y deben de ser eliminadas.

Por lo tanto, una definición de desperdicio más general podría ser la siguiente:

“Se entiende por **desperdicio** el uso de materiales o recursos mas allá de los requisitos del cliente, que no añaden valor al producto, y por los que el cliente no está dispuesto a pagar a la empresa”.

El objetivo de un sistema productivo como el de Airbus es la identificación y eliminación del desperdicio, aumentando el rendimiento del sistema productivo.

Los beneficios de la implantación de un método para la reducción del desperdicio se vislumbran con facilidad:

- Identificando el desperdicio se puede a su vez reducir la cantidad de actividades y trabajos que NO añaden valor.
- Se produce un aumento de aquellas actividades que SI añaden valor al producto.
- El sistema productivo evoluciona para satisfacer las necesidades y requerimientos especificados por el cliente, que es realmente por lo que está dispuesto a pagar.

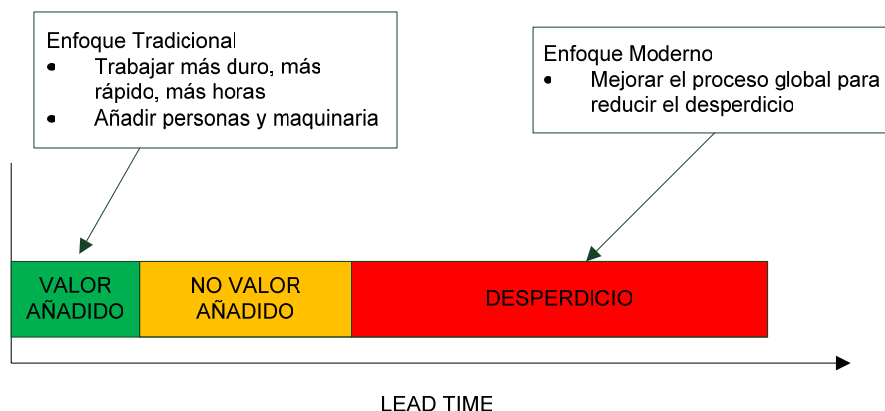


Figura 9. 18 Diferencias entre el enfoque tradicional y moderno

En el pasado, la mayoría de las industrias centraban su esfuerzo en satisfacer la demanda del cliente, produciendo elementos bajo sistemas *Push*, y generando un gran volumen de inventario, tanto en curso como acabado.

Las empresas estaban constituidas por trabajadores que en la mayor parte de su vida se habían dedicado a trabajos propios altamente especializados. Cuando eran necesarios incrementos de producción para hacer frente a la demanda, simplemente se trabajaban más horas (o se ampliaban los turnos de trabajo, contratando a más mano de obra), y además se compraban equipos adicionales para aumentar la producción de bienes. La idea que radicaba en el método de producción estaba clara: si se trabaja más y se tienen más equipos se aumenta el valor añadido, se produce más, pero a costa también de gastar más recursos.

Sin embargo, durante la fabricación dichas empresas no llevaban a cabo un estudio de las operaciones para ver si realmente añadían o no valor al producto. El desperdicio era entonces muy elevado, pero pasaba desapercibido dado que los esfuerzos se centraban únicamente en producir un mayor número de elementos, no en la eficiencia del proceso.

El enfoque actual del sistema productivo de Airbus es radicalmente diferente. En el mercado actual, donde las fluctuaciones de la demanda de productos y servicios varían constantemente, se tiende a crear sistemas flexibles capaces de adaptarse al entorno. Esto significa dos cosas:

- Ante un aumento de demanda, la mejor solución no es simplemente adquirir más equipos o contratar a un mayor número de operarios, sino estudiar cómo poder satisfacerla mediante los recursos y mano de obra actual.
- Se lleva a cabo un estudio minucioso de las operaciones dentro de la organización, para identificar el desperdicio.

Identificando y eliminando desperdicios se consigue aumentar las operaciones de valor añadido, y no se generan costes adicionales debido a las ineficiencias del proceso productivo.

9.3.2 Tipos de Desperdicio

Todos los desperdicios que están presentes en un sistema pueden ser clasificados dentro de siete grupos principales. A lo largo del capítulo se van a exponer con detalle cada uno de ellos, las causas que los producen y los problemas derivados de su aparición, así como las sugerencias para que puedan ser reducidos y/o eliminados.

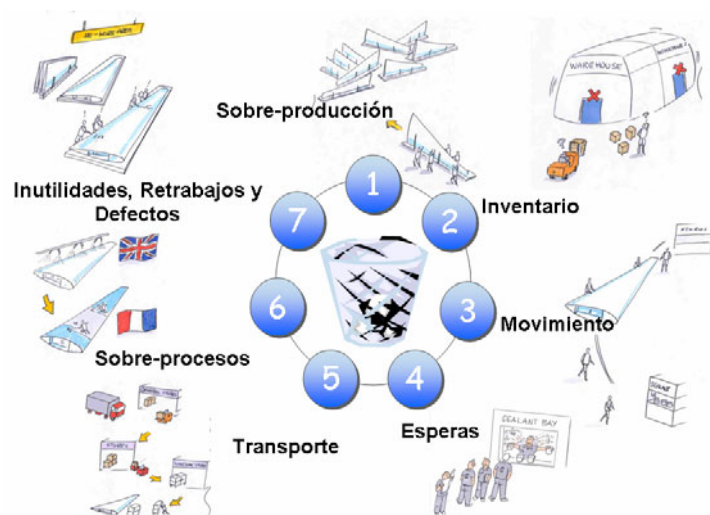


Figura 9. 19 Los Siete Desperdicios

1. Sobreproducción

La sobreproducción es la fabricación de elementos más rápido o en mayor cantidad de lo demandado por el cliente. Producir antes no siempre significa producir mejor, ya que producir más de lo necesario puede ocasionar graves problemas en una fábrica.

La sobreproducción es considerada en muchas industrias “*la madre de los Desperdicios*”. Hay que tener en cuenta la adecuación a los requisitos del cliente: producir exactamente lo que necesita, cuando lo necesita, y en la cantidad demandada.

Normalmente la industria tiende a la sobreproducción como método de confort y tranquilidad, ya que puede actuar como colchón ante fluctuaciones de la demanda del cliente. Sin embargo, ésta forma de producir genera un enorme volumen de inventario, y el inventario necesita de un lugar para ser almacenado. El almacenamiento de este

inventario además puede requerir de recursos no planteados (movimientos, gestión documental, climatización para productos específicos,...). Todos estos problemas tienen un impacto económico no previsto para la empresa.

Un ejemplo que ilustra éste problema puede ser el siguiente: durante un determinado espacio de tiempo, se decide aumentar el número de estabilizadores horizontales de cola terminados, porque se prevé una huelga de los trabajadores. La producción de más elementos llevaría asociada la búsqueda de un sitio adecuado para su almacenamiento. Serían necesarios movimientos de puentes-grúa y maquinaria para trasladarlos al almacén, con el consiguiente riesgo de daños durante su manipulación, esperas en la cabina de pintura de elementos acabados,...

La sensación de tranquilidad, como se ha visto, es una de las causas habituales (y generalmente asociadas al pasado) que justifican la producción en exceso de componentes. Pero existen otras también, como las siguientes:

- El sistema productivo actúa bajo una filosofía *Push* en lugar de *Pull*, por lo cual se produce sin tener en cuenta la necesidad del cliente.
- Relacionado con esto está la planificación: tanto por parte de la empresa como del cliente, se deben analizar previamente los plazos y la demanda, para ver si el sistema es capaz de satisfacerla. Posteriormente, se deben integrar a todos aquellos proveedores de materias primas de la cadena, y trabajar de manera concurrente para que la planificación se cumpla.
- El sistema trabaja con tamaños grandes de lote. Esto conlleva a una rigidez de la producción, ya que el ideal sería trabajar con tamaño de lote unitario. Es decir, no se pueden fabricar un número aleatorio de unidades, sino que se debe adaptar la producción al tamaño de lote definido.
- Mala utilización del personal. La base de la versatilidad son las personas; una mano de obra cualificada y flexible puede encargarse de varias tareas, no sólo las que atañen a la producción: mantenimiento proactivo, solución de problemas, entrenamiento de personal,...

2. Inventario

El inventario es otro de los peores problemas para una empresa. Por inventario se entienda toda aquella materia prima, obra en curso o producto acabado que está siendo almacenado. Como es sabido, el almacenamiento es una de las operaciones que no aporta valor añadido al producto, por lo cual, y si el cliente no está dispuesto a pagar por él, constituye un coste para la empresa.

El inventario puede producirse durante todas las fases del producto, es decir, no sólo lo forma el producto acabado: puede producirse entre las etapas intermedias del proceso productivo. Genera un coste para la empresa, y generalmente está muy relacionado con la sobreproducción.

El inventario a su vez suele esconder problemas, fruto de una mal diseño del flujo de trabajo. Asimismo, puede ser el causante de cuellos de botella en algunas de las etapas críticas del proceso.

Además de lo expuesto, algunas otras causas que llevan a la generación de inventario son:

- Diseño ineficaz de la línea: si los procesos no están equilibrados no se puede seguir el Ritmo de Producción, por lo que se generan retrasos y adelantos entre las tareas.
- Paradas y puestas a punto de la máquina excesivas, por lo que aportan mayor rigidez a la línea.
- Proveedores poco fiables (retomando la sobreproducción se produce más “*por si acaso*”).
- Previsiones de la fabricación y de las capacidades imprecisas.

3. Movimiento

En este apartado, se debe evitar el movimiento innecesario de las personas dentro del proceso productivo.

El movimiento añade un coste al proceso, dado que, en exceso, hace que el tiempo de proceso aumente, e interrumpe el flujo productivo.

Si además se le suma que generalmente una fábrica está llena de máquinas, puentes-grúa, transpaletas automáticos,... es evidente pensar que además puede constituir un riesgo laboral para el trabajador.

En relación con el punto anterior, el exceso de inventario genera un exceso de movimiento, ya sea por parte del trabajador o de una empresa externa, se deben buscar ubicación, trasladar los elementos para ser almacenados, posteriormente trasladarlos a las zonas de expediciones para ser enviados,... Es decir, lleva relacionadas una serie de acciones para los que no está previsto por norma general el diseño de una línea.

Las causas principales de la existencia de movimientos innecesarios son:

- Inexistencia de un procedimiento estándar: al igual que se detallaron las acciones necesarias para llevar a cabo una tarea del proceso productivo, se debe tener detallado a su vez los movimientos necesarios para realizar dicha acción, y determinar si alguno de ellos puede ser eliminado.

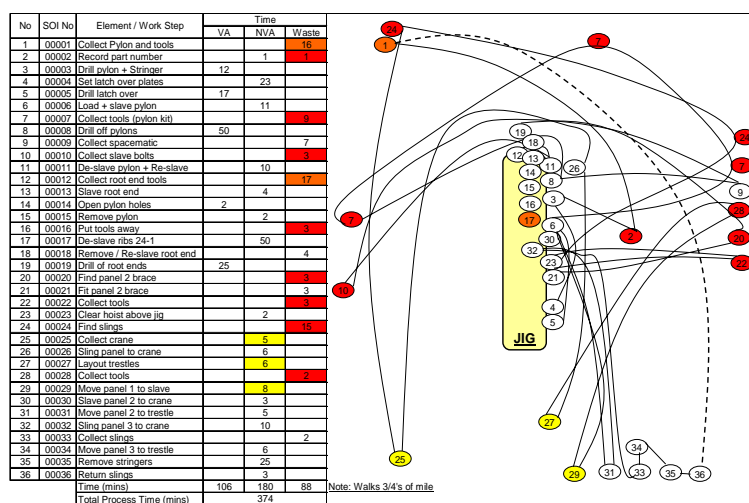


Figura 9. 20 Gráfico de desplazamientos ineficientes

- Diseño de la línea inadecuado. Si se tienen detallados los movimientos necesarios para llevar a cabo una tarea, se puede hacer un diseño eficiente, evitando los grandes desplazamientos del operario hacia las piezas y herramientas, secuenciando las acciones en un orden lógico, optimizando el espacio disponible,...
- Gestión del puesto de trabajo ineficiente. Si los conceptos adquiridos durante el capítulo de Gestión Visual, y en especial en lo referente a las 5C's no se mantienen, se llega a una situación de mala gestión del espacio y de los movimientos. En el uso y el empleo de las 5C's, el operario puede ayudar a identificar y resolver las principales fuentes de derroche, contribuyendo a crear un entorno de trabajo óptimo.

4. Esperas

Es lógico que durante un proceso productivo se produzcan esperas, relacionadas con la mano de obra o los materiales que fluyen entre las etapas del proceso. Es necesario determinar la causa de las misma, discriminando aquellas esperas necesarias (cambio de modelo en la máquina, curado de un sellante, etc.) de las esperas debidas a ineficiencias del proceso.

En ambos casos, las esperas interrumpen la continuidad en el flujo de trabajo, y deben reducirse en la medida de lo posible, ya que al no añadir valor al producto pueden incurrir en costes. Además pueden generar cuellos de botella en aquellos procesos que se dilatan excesivamente en el tiempo, y de los que debido a restricciones de personas o entorno no puedan estar disponibles siempre que sean necesarios.

Las esperas aumentan en consecuencia el *Lead Time*, pudiendo ocasionar en las peores situaciones fallos en la planificación de entrega al cliente.

Las principales causas de las esperas se deben a:

- Planificación de la producción ineficiente, lo cual conlleva a su vez una mala gestión de la obra en curso y de la mano de obra.
- Problemas de calidad y diseño de la línea inadecuado.
- Falta de flexibilidad de la mano de obra. Como se comentó en el punto anterior, una mano de obra eficaz puede desempeñar funciones adicionales teniendo una formación adecuada.
- Maquinaria deficiente (paradas, roturas, etc.), rígida, que necesite gran cantidad de tiempo para ofrecer un cambio de modelo.
- Excesiva dependencia de personas concretas en determinados departamentos de la empresa. Esto provoca en numerosas ocasiones que la falta de dicho personal retrase o incluso paralice las actividades necesarias para la producción (comúnmente denominado “*Black Art*”).

5. Transporte

Por transporte se entiende como el movimiento innecesario de partes entre los diversos procesos que conforman el producto.

El transporte ofrece una dimensión más global acerca del proceso. Mientras que en el punto de movimientos se analizaron específicamente aquellos que están relacionados con los operarios (búsqueda de material, herramientas,...) en el transporte se analizan todos aquellos movimientos de las piezas necesarias para la fabricación de un componente, desde el proveedor al cliente final.

El transporte de un producto debe ser directo, y evitar en la medida de lo posible pasos intermedios, los cuales originan aumento de obra en curso, tiempo de producción, y en ocasiones problemas y riesgos tanto para las materias como para la mano de obra, ya que puede resultar dañado en las operaciones de carga y descarga, manipulación,...

Un ejemplo de eficiencia de transporte se encuentra en algunas fábricas de la industria automotriz: cuando es necesario el suministro de materia prima, el proveedor, tiende a situarse cerca del núcleo productivo (la cercanía hace que disminuya el stock de seguridad de la planta, el tamaño de lote fabricado, el tiempo necesario para la reposición,...). Además es el propio proveedor quien suministra directamente a la línea productiva de la fábrica, y de este modo se evita el paso intermedio del almacenamiento en un *HUB* (distribuidor). El flujo es sencillo y directo, con el consiguiente ahorro de gestión del almacén intermedio.

En resumen, el transporte es un elemento clave para el diseño de un sistema productivo, y la mayor parte de las veces se obvia durante el diseño del mismo, teniendo que asumir las consecuencias a posteriori.

Se debe evitar en todo momento los flujos de material complejos, fomentando las comunicaciones directas y reduciendo el *Lead Time* de proveedor a cliente lo máximo posible, ya que esta reducción implica numerosos beneficios.

Internamente, el sistema ha de ser diseñado de modo que minimice el movimiento de las piezas entre los diversos procesos, mediante rutas claras y sin riesgos,

compartiendo equipos, usando medios de transporte automáticos que eviten posibles errores humanos, etc.

Hay que tener en cuenta además las dobles manipulaciones, que afectan directamente a la productividad y calidad.

6. Sobre-procesos

Procesar un elemento más allá de los requisitos especificados por el cliente puede llegar a ser otra fuente más de desperdicio, ya que consume recursos y aumenta el tiempo de producción.

No hay que olvidar que el sobre-proceso, si va más allá de las especificaciones del cliente, puede ser perjudicial, ya que el cliente, como destinatario final, puede o no tener en cuenta esa cantidad de trabajo extra, y negociar los términos del contrato.

En ocasiones, si no se estima con exactitud la cantidad de trabajo extra, se puede incurrir en reducciones de la vida útil de parte de los componentes (por ejemplo, poner acabados superficiales demasiado suavizados cuando al cliente no le importa el estado de la superficie).

Las causas fundamentales por las cuales se puede incurrir en sobre-procesos son:

- Falta de actualización de los procesos. Puede darse la condición de que los procesos que se suceden en la fábrica tienen escasas modificaciones, por lo cual no varían mucho en el tiempo y los estándares de trabajo no son actualizados.
- No existe entendimiento del proceso, o pocas personas conocen de manera extensa su funcionamiento; la empresa se dedica únicamente a la producción de bienes, sin pensar en las posteriores etapas o departamentos que intervienen de manera directa e indirecta en la fabricación del producto.
- Falta de innovación y espíritu de mejora. Aplicando las técnicas actuales de fabricación que brinda el mercado y fomentando las ideas de mejora se pueden obtener beneficios en la cadena productiva. Hay que evitar frases de la índole “*Siempre lo hemos hecho así*”, o “*Ya estudiaremos lo que propone*”, pasando a segundo plano el concepto de Mejora Continua, clave en el nuevo sistema productivo de Airbus.

7. Retrabajos y Defectos

Un componente que presenta defectos es considerado bajo el punto de vista del cliente totalmente inaceptable. Entre otras causas, la más importante es el incumplimiento de los estándares de calidad, tanto propios de la empresa en lo que a defectología se refiere, como subjetivos del cliente, es decir, la confianza que deposita en la empresa.

Con independencia de la causa, la percepción del cliente sobre un producto juega un papel crucial a la hora de la negociación, y es por ello por lo que el sistema productivo debe orientarse a producir bienes con cero defectos, persiguiendo la calidad desde el origen.

Cualquier defecto que se pueda producir añade costes al sistema productivo (rechazo por parte de procesos siguientes, retrabajos, cambios del diseño...), generando un consumo de recursos que repercuten directamente en el avión.

Además provoca un retraso frente a la planificación (los errores tardan en ser subsanados, por norma general), a lo que se le debe añadir los tramites burocráticos, es decir, flujos de información entre los diversos departamentos encargados de la solución de los errores.

Existen innumerables causas que producen errores en un sistema productivo, y día a día los diversos departamentos que integran la fabricación tienen que tratar de solucionar los problemas que surgen en el producto. No obstante las causas más generales que inducen a errores se pueden englobar bajo los siguientes grupos:

- Falta de control sobre los procesos y etapas productivas, lo que desemboca en una falta de visibilidad hacia donde existen potenciales puntos que causen desperfectos. Además, la falta de documentación sobre los mismos dificulta la estandarización, dejando al azar la obtención de unos resultados concordantes con las especificaciones iniciales.
- Diseño e ingeniería imprecisos, motivados por norma general por una falta de comunicación interdepartamental, y falta de enfoque del producto hacia la fabricación, por lo que se originan problemas a la hora de ajustar el producto a las especificaciones iniciales.
- Falta de control de calidad en los materiales que provienen de los suministradores principales. Es la primera etapa de la calidad: si se parte de algo defectuosos, las operaciones posteriores pueden agravar aún más los problemas iniciales.
- Herramienta y maquinaria poco fiable, sin un control por parte de mantenimiento, lo cual origina defectos y posteriores retrabajos, además de aumentar el tiempo que se tardan en ejecutar las micro-operaciones (taladrados, escariados, remachado...). Un pequeño segundo de ventaja en una operación puede no considerarse crucial, pero considerando el conjunto global de las operaciones se puede obtener una ventaja. Por ejemplo, un segundo de ahorro en el remachado de una estructura, multiplicado por los cientos de remachados necesarios, provoca una reducción de tiempo considerable.
- Falta de habilidades por parte del personal, la cual a su vez puede deberse a una carencia de formación adecuada en temas transversales de la fabricación. En casos puntuales también puede presentarse una carencia de respuesta rápida y precisa por parte de las funciones soporte en el momento que es necesario.

- Por norma general, se obvia la existencia de controles periódicos de la calidad que se basen en herramientas estadísticas para averiguar el número de errores que se producen, su frecuencia y naturaleza,... En muchas ocasiones mediante un simple control se pueden averiguar las causas principales, y aplicando herramientas como los Cinco Por Qué's determinar acciones correctivas.

Recordando el ejemplo propuesto en el capítulo 9.2.1 sobre las etiquetas identificativas, una fuente mayor de defectos puede considerarse a la mala impresión de los sellos sobre la etiqueta. Nótese que en sí misma la etiqueta no forma parte de la estructura del avión (no es una pieza que vaya a ser montada), pero sí identifica a una parte, y dicha identificación es crucial para los operarios a la hora de realizar su tarea. Una equivocación en la misma puede afectar de manera negativa a la pieza, ya que puede no haber sido inspeccionada, puede ser una pieza que no corresponde a esa parte del avión, o no haber pasado los pertinentes controles de calidad.

[illegible]

Figura 9. 21 Etiquetas identificativas defectuosas

9.3.3 El 8º Desperdicio: Las Personas

Introducido recientemente en el estudio de los flujos de valor, las Personas, y en particular la **infrautilización** de las mismas, pueden constituir uno de los más graves desperdicios a los que se somete a un sistema productivo.

Una cadena puede estar perfectamente diseñada para que funcione a un Ritmo de Producción concreto, con inventarios y *stocks* de seguridad, etc. Pero si por cualquier motivo el potencial de los operarios no es utilizado, se pueden llegar a situaciones de desmotivación, pérdidas de tiempo y coste adicionales que nadie se ha había planteado en el inicio.

Una de las principales causas de infrautilización de las personas radica en la forma en la que se le brinda la **Formación**. Muchos empleados se conforman con hacer bien sus tareas determinadas, específicas, y que por norma general han variado poco a lo largo de su vida laboral. Sin embargo, cada vez es más frecuente ofrecer a los trabajadores una formación multidisciplinar, para que mediante sus conocimientos y experiencias no sólo desarrollen su trabajo con normalidad, sino que puedan adaptarse a los continuos retos que ofrece la situación actual, y que incluyen trabajos de resolución de problemas, adaptación a nuevos programas de producción, liderar grupos de mejora, participación activa en la mejora de la Gestión Visual de la factoría, etc.

La formación debe tener continuidad a lo largo del tiempo, a través de un eficaz sistema de supervisión. La formación es una herramienta potente para que el operario desarrolle nuevas habilidades y se habitúe a resolver problemas por sí mismo, pero puede verse mermada con el tiempo, debido a la no utilización de éstas habilidades, grupos de trabajo reticentes al cambio, etc. Por todo ello es de vital importancia que las distintas personas que brindan la formación al operario sean capaces de ofrecer una supervisión efectiva, corrigiendo su comportamiento y motivándole para que alcance los objetivos.

No hay que olvidar que, como definió Airbus en los objetivos fundamentales del nuevo sistema, el operario es una de las piedras angulares de su nueva filosofía, y sólo a través de su predisposición al cambio y su formación continua la empresa se posicionaría como líder del mercado.

Muchas empresas ya se han dado cuenta del enorme potencial que los operarios pueden aportar al éxito de las mismas, y de hecho enfocan su estrategia a mantener una plantilla motivada, dado que de este modo se genera un mejor clima laboral, y consecuentemente aumenta la producción. En numerosas páginas de internet se pueden ver listados de las empresas mejor valoradas por los empleados; un ejemplo puede ser “A Great Place to Work” (link: <http://www.greatplacetowork.com/>).

En España, empresas como Santander, Telefónica,... conceden a sus empleados numerosos beneficios por trabajar en ellas.

Es fácil observar en una empresa el grado de motivación de los operarios: basta con echar un vistazo rápido al trabajo de la gente, las relaciones interdepartamentales y el ambiente de trabajo para darse cuenta rápidamente de cuál es el grado de motivación y actitud de la plantilla. Una plantilla motivada, capaz de resolver los problemas que van surgiendo por sí misma, y con predisposición a la mejora es la herramienta más potente que se puede tener en un taller.

Un ejemplo de formación efectiva y mantenida a lo largo del tiempo es la que ofrece Toyota a sus trabajadores. A través de la formación, el operario desarrolla en sí mismo sentimientos de responsabilidad y pertenencia a la Organización, a través de la cual es capaz de mejorar el proceso y aumentar su productividad

9.3.4 Resumen

Durante éste módulo se ha analizado los tipos de pérdidas que afectan de manera negativa al sistema de producción. Dichas pérdidas se han englobado en siete grandes grupos, bajo el nombre de los Siete Desperdicios, al que posteriormente se ha agregado la infrutilización de las personas.

Los puntos clave se recapitulan brevemente a continuación:

- La ausencia de estandarización hace difícil la tarea de identificar los desperdicios, y comprender las mejoras que se pueden aplicar al proceso productivo.
- El valor añadido puede y debe mejorarse a través de las máquinas y de las operaciones que se le aplican en cada tarea.
- La solución de problemas más efectiva es el énfasis en la Mejora Continua y el conocimiento del proceso, no trabajar más duro (o con más medios físicos y materiales) para llegar a una posible solución temporal.
- *“Involucra a la mayoría”*. Potenciar las habilidades y capacidades de los operarios repercute directamente en la productividad y genera un ambiente de trabajo adecuado para la Mejora Continua.

9.4 MÉTODOS ANTI ERROR

En los apartados anteriores de este capítulo se han expuesto una serie de técnicas y herramientas para actuar frente a la aparición de los errores, y proponer medidas tanto temporales como permanentes para solucionarlos.

Si se sigue investigando, surge una pregunta: ¿Se puede actuar **antes** de que se produzca un error?. La respuesta ante esta pregunta es afirmativa. Al igual que se vió en el capítulo de Mantenimiento Productivo Total, hay diversos métodos para actuar de una manera preventiva frente al error, y evitar su aparición.

En este apartado se van a estudiar conceptos de gran utilidad para aplicar en la medida de lo posible este pensamiento preventivo, y evitar la aparición de errores comunes en la cadena de producción.

9.4.1 La corrección de errores

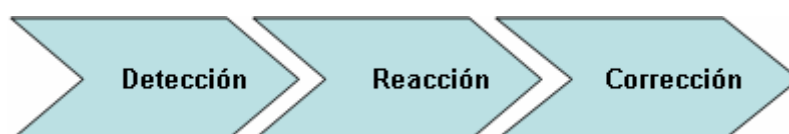
La **corrección de errores** es una mejora en el proceso productivo, la cual está diseñada para prevenir la aparición de un defecto específico.

Como se ha descrito anteriormente, la mejor manera de solucionar el error es **evitar** su aparición.

Mediante la corrección de errores, se van a proponer diversos sistemas de mejora dentro del proceso, los cuales van a prevenir la aparición de:

- Daños personales, lo cual aumenta la seguridad y salud laboral dentro del entorno de trabajo.
- Productos defectuosos, que pueden pasar a formar parte a su vez de otros procesos o productos.
- Daños en la máquina.
- Reducción de productividad debido al tiempo necesario para la corrección del error.

Para elaborar un método eficaz de corrección de errores existen tres elementos fundamentales:



1. **Detección:** se produce en el momento en el cual un operario o una máquina descubre un defecto.
2. **Reacción:** es el aviso que se produce, pudiéndose manifestar en forma de advertencia, parada,... en una máquina o proceso, debido al defecto producido.
3. **Acción Preventiva – Correctora:** se forma el equipo para solucionar el defecto, aplicándose el proceso de solución de problemas para tomar las acciones correctivas y preventivas necesarias.

El empleo de sistemas y dispositivos de corrección de errores está ampliamente extendido, y se pueden hallar ejemplos diarios de los mismos, como por ejemplo:

- Hogar: desagüe de desborde en fregadero, flotador de la cisterna, avisadores de descongelación de frigoríficos, conector de cable de teléfono,...
- Ámbito industrial: interruptor de seguridad de máquinas en el taller, sonido de marcha atrás de vehículos industriales, sensores de
- bocas de depósito de combustible de automóviles, ABS,
- Control de puertas de tornos de Metro modernos,
- Lengüetas antigrabación de cintas de cassette
- Diskettes para ordenadores, conectores USB, ...

En términos generales, un sistema eficaz para la corrección de errores tiene que tener en cuenta estas simples tres reglas fundamentales:

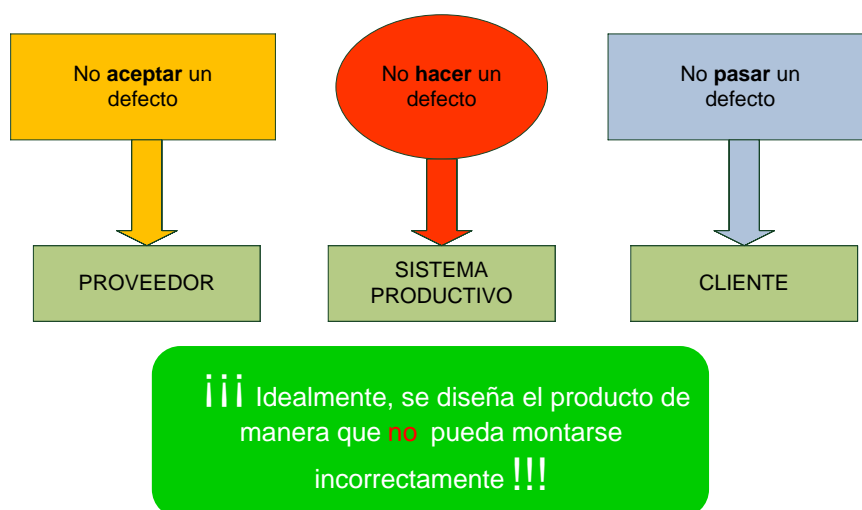


Figura 9. 22 Las Tres Reglas de la corrección de errores

- Regla 1: *No aceptar defectos por parte del proveedor.*

Se puede conseguir mediante la implementación de sistemas de inspección de calidad de las piezas recibidas, certificados de conformidad, especificaciones y normas acerca del estado de las entregas, revisiones periódicas,... Es primordial la detección de defectos lo antes posible, ya que si no puede repercutir de manera negativa en las posteriores etapas del proceso.

- Regla 2: *No fabricar defectos*

Se debe conseguir mediante las técnicas de solución de problemas y la experiencia una fabricación que minimice el riesgo de generación de defectos, y aplicar medidas eficientes ante la aparición de los mismos.

- Regla 3: *No pasar defectos al cliente.*

Por cliente se puede entender tanto un cliente externo (comprador) como los siguientes procesos a los que se le debe someter al producto. Lógicamente, el defecto puede ser acumulativo en las etapas posteriores, haciendo más difícil su detección a medida que se va transformando el producto.

9.4.2 Beneficios

La adopción de un sistema integral de corrección de errores, así como el entrenamiento del personal relacionado directamente con el proceso productivo repercute de manera significativa en la mejora de la fabricación. Las ventajas más importantes de tener un sistema estandarización para la corrección de errores son:

- Proceso productivo:
 - Reduce el coste de la fabricación del elemento, debido a que minimiza el desperdicio.
 - Reduce tiempos de fabricación, ya que aporta soluciones específicas ante problemas que puedan ocurrir.
 - Elimina las opciones que llevan a acciones incorrectas.
 - Previene daños personales.
- Operarios:
 - Libera a los trabajadores de la atención constante que implican las tareas repetitivas de inspección, que en ocasiones se demoran en el tiempo, y no están debidamente detalladas.
 - El trabajador puede centrarse en su destreza, más que en los defectos que se producen debido a un mal diseño del elemento.

- Calidad: se pretende asegurar la calidad en la fuente, frente a la inspección de calidad final, donde por norma general los defectos que puedan producirse tienen unos elevados coste de reparación
- Se aumenta el interés en la Mejora Continua.

La **calidad en la fuente** es uno de los aspectos mas importantes en el nuevo sistema de fabricación, definido en la filosofía “*On Board with Quality*”.

Para entender la relevancia que tiene la detección a tiempo de un defecto, se propone la figura 9.23.

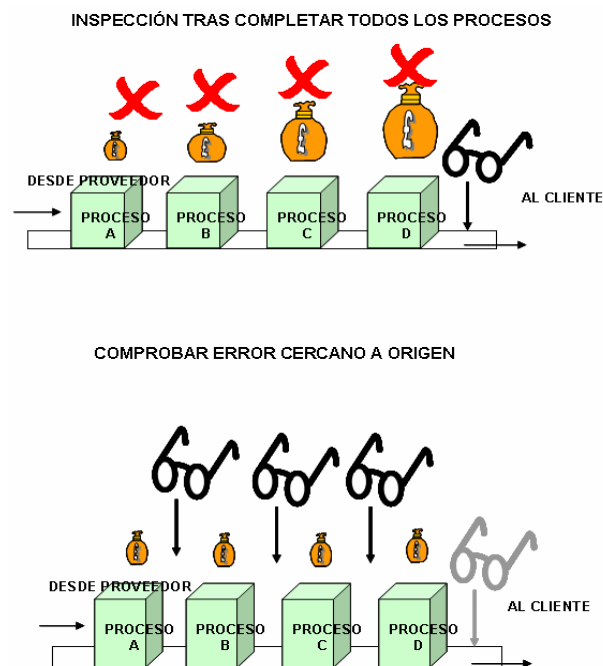


Figura 9. 23 Dónde comprobar el error

Los sistemas antiguos de fabricación tenían las inspecciones de calidad al final del proceso productivo, o se producían breves inspecciones entre algunas fases del proceso. A medida que el producto iba progresando a través del sistema, las operaciones que se le aplicaban hacían que su valor añadido se maximizara.

El error entonces era evidente: la inspección del producto era realizada **después** de haber añadido valor al mismo.

Sin embargo, si las inspecciones comienzan en la primera etapa del proceso de selección, se puede asegurar que antes de que el producto avance a la siguiente etapa de trabajo estar libre de defectos, por lo cual la operación posterior añadirá valor al producto y no agravará el defecto.

9.4.3 Error y Defecto

Para entender con exactitud la importancia del capítulo de la gestión de errores, es vital diferenciar los conceptos de error y defecto. Esta distinción no es trivial, y de hecho en las primeras etapas de los métodos de resolución de problemas (donde hay muchos aspectos que se desconocen de una situación anómala) se hace difícil de distinguir.

Una forma rápida de identificar errores y defectos es mediante el empleo del diagrama Causa Efecto, descrito en el apartado 9.2.1. Mediante éste diagrama se pueden identificar los errores que motivan la aparición de los defectos.

De esta manera, las cinco categorías en las que se puede catalogar un error (Entorno, Método, Maquinaria, Mano de Obra y Materiales) muestran al final del estudio el defecto, que es el punto de partida inicial del método de resolución de problemas.

Para dar una noción práctica, se propone el siguiente ejemplo:

Durante tareas de mantenimiento del taller, se ha observado que uno de los aseos estaba inundado. Para llegar a la causa raíz del problema, se ha propuesto la aplicación del diagrama Causa Efecto. Para este ejemplo en concreto se propusieron una serie de errores potenciales, que se catalogaron dentro de los cinco grupos, los cuales pudieron explicar el defecto producido en la fábrica. El resultado se muestra en la figura 9.24.

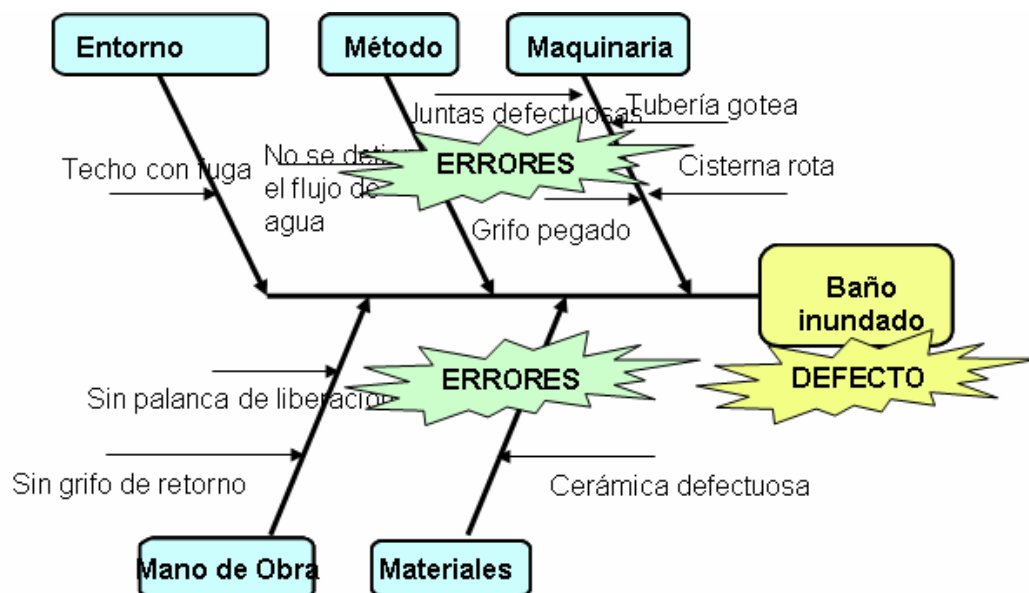


Figura 9. 24 Diagrama Causa Efecto del ejemplo

Como se puede apreciar, comprender la diferencia entre error y defecto es importante a la hora de aplicar técnicas de gestión de problemas.

De manera teórica se puede definir como error cualquier desviación respecto a un proceso de fabricación determinado. El **error** puede ser causado por personas o por la maquinaria empleada en el taller.

Un **defecto** es un producto que se debía de la especificación, o no cumple con las expectativas del cliente. Todos los defectos son generados por errores. Esto significa que, si mediante las herramientas apropiadas se esta en disposición de prevenir los errores, no se crearán defectos en el sistema productivo.

Un defecto puede esconder varios errores, y a veces no pueden ser apreciados a simple vista. Análogamente se puede establecer la comparación con el modelo Iceberg, donde la parte “visible” corresponde al defecto, pero solo hace referencia a una pequeña proporción de lo que esconde realmente, que son los errores en el sistema de fabricación.



Figura 9. 25 El error escondido tras el defecto

Usando métodos anti-error, éstos errores que provocan defectos pueden ser correctamente identificados, para posteriormente eliminarse. No hay que olvidar que las técnicas de éstos métodos deben ser continuamente actualizadas, de modo que alcancen el fin último que es la **prevención** de nuevos errores.

9.4.4 Las Diez Causas de errores

Los métodos anti-error pueden ser únicamente aplicados sobre aquellos errores que causen potenciales defectos. Hay que tener en cuenta que no todos los errores provocan defectos. A continuación se expone una lista con las diez causas más comunes de errores, para las cuales los métodos anti-error pueden ser capaces de corregir y eliminarlos.

1. Procesar

Omisión de operaciones en el procesado de un elemento: cuando se obvian pasos intermedios del proceso de fabricación.

2. Procesar errores

Son las operaciones realizadas en el taller que no se ajustan a los procedimientos de trabajo estándar definidos.

3. Errores durante la inicialización de tareas

Pueden ser provocados por el uso de herramientas de trabajo inadecuados, o ajustes iniciales de la máquina incorrectos para el procesado de un determinado elemento.

4. Falta de piezas

Se produce durante operaciones de ensamblado, soldado,... no todas las piezas están incluidas en la operación.

5. Piezas incorrectas

Aquellas piezas que van instaladas de manera incorrecta durante una operación.

6. Fabricación de piezas erróneas

7. Errores de operación

Estos errores son debidos a una inadecuada aplicación del estándar.

8. Errores de ajuste y medida

9. Errores en la reparación y mantenimiento del equipo

Pueden provocar defectos en las piezas fabricadas.

10. Errores en el uso de herramientas

Por ejemplo, cuchillas desgastadas, suciedad en las taladradoras, etc.

9.4.5 Implementación de sistemas de corrección de errores

Para poder hacer frente a los errores, es necesario tener un sistema de corrección de errores estructurado, y dotar al personal involucrado de la formación necesaria para afrontarlos.

En este apartado, se va a exponer el proceso de implantación en el A-320 del método de corrección de errores diseñado.

Este método, consta de nueve pasos, alguno de los cuales resume los conocimientos expuestos a lo largo de éste capítulo, enfocando la solución hacia una futura prevención de los problemas nuevos que puedan aparecer en el taller.

La implementación consta de las siguientes etapas, resumidas en la figura 9.26.

CORRECCIÓN DE ERRORES

¿Cómo implementar?

- Paso 1.** Localizar el defecto y aislarlo del proceso que lo creó.
- Paso 2.** Reunir al equipo.
- Paso 3.** Determinar el error más frecuente.
- Paso 4.** Realizar los Cinco Por Qués y determinar la **causa raíz**.
- Paso 5.** Aplicar funciones de comprobación.
- Paso 6.** Propuesta de soluciones correctivas.
- Paso 7.** Desarrollo del plan de implementación.
- Paso 8.** Medición de resultados y análisis de beneficios.
- Paso 9.** Actualizar la documentación.

Figura 9. 26 Implementar la corrección de errores

Paso I. *Localizar el defecto y aislarlo del proceso que lo creó.*

En éste primer paso se pretende identificar el problema, para informar a los departamentos implicados. De éste modo, se evita que el error se propague a las siguientes fases del sistema productivo.

Paso II. *Reunir al equipo.*

En éste paso es necesario hacer un proceso de *Brainstorming* para enumerar todos los posibles errores que causan el defecto, para posteriormente clasificarlos en las siguientes etapas del proceso.

Paso III. *Determinar el error más frecuente.*

Mediante el empleo de sencillas herramientas como Hojas de Comprobación e Histograma es posible analizar aquellos errores que se producen repetidamente en un proceso.

Paso IV. *Realizar los Cinco Por Qués y determinar la causa raíz.*

En ésta etapa se hace uso del diagrama Causa Efecto para clasificar los errores advertidos durante el Paso II. Aplicando además el método de los Cinco Por Qués, se puede llegar a la causa raíz de una manera progresiva, y descubrir errores adicionales que habrían sido contemplados.

Paso V. *Aplicar funciones de comprobación.*

A lo largo de la fabricación, se pueden aplicar comprobaciones de errores antes del proceso (comprobación en la fuente), durante el proceso (autocomprobación) y tras la finalización, antes del inicio del proceso siguiente (comprobaciones sucesivas).

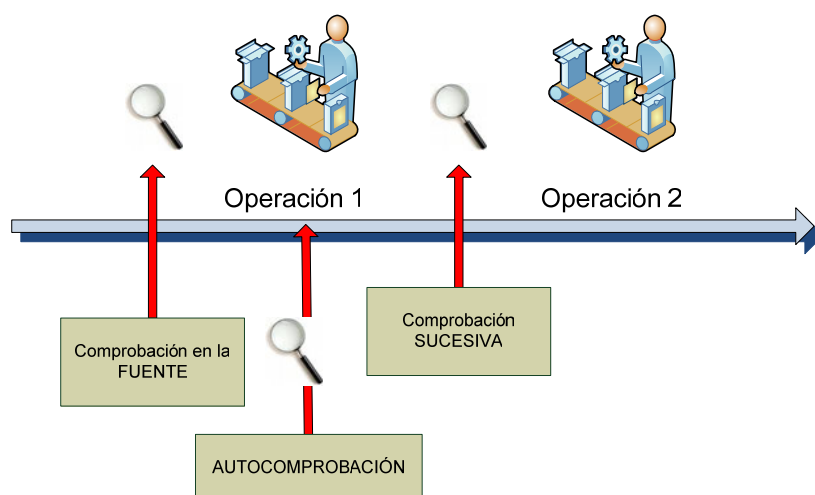


Figura 9. 27 Funciones de comprobación

De ésta manera se minimiza la posibilidad de que un error potencial se propague a lo largo de la cadena.

Paso VI. *Propuesta de soluciones correctivas.*

En esta etapa se debe hacer uso de elementos visuales y audibles para informar al personal cuando se produzca un error o defecto.

El operario de fabricación junto con los departamentos soporte pueden proponer soluciones correctivas, tanto temporales como permanentes para atacar al problema. Una vez analizadas las soluciones, se escoge aquella que pueda eliminar la causa raíz del problema y comenzar de éste modo la etapa de implementación.

Paso VII. *Desarrollo del plan de implementación.*

Durante este punto pueden usarse los conocimientos desarrollados durante el capítulo referente al Plan de Implantación Táctico (*TIP*), para formalizar en un documento los objetivos de la implantación, definir un horizonte temporal, asignar hitos intermedios y nombrar al equipo de trabajo y a las personas responsables de la implantación.

No hay que olvidar que una vez propuesto los plazos de ejecución se deben establecer revisiones periódicas para analizar la evolución de las propuestas de mejora.



Paso VIII. *Medición de resultados y análisis de beneficios.*

Se debe justificar el coste del estudio del problema, y la inversión realizada en las mejoras de los equipos, así como la formación adecuada del personal.

Paso IX. *Actualizar la documentación.*

Fruto de la solución propuesta es necesario actualizar los procedimientos, normas, y Hojas de Operación Estándar con las ideas recogidas.

Además, puede ser de gran utilidad anotar, a modo de comentarios, consejos y advertencias sobre la forma de ejecutar las tareas, los cuales prevengan la aparición de errores anteriormente subsanados.

9.5 LAS SIETE HERRAMIENTAS DE CALIDAD

La solución de problemas es la base de la Mejora Continua, y obliga a todos los niveles de la organización a desarrollar actividades conjuntas de estudio y apoyo que hacen de la empresa un órgano competitivo.

Sin embargo, en ocasiones, las habilidades y destrezas de los diferentes niveles organizativos no son suficientes para abordar un problema. Otro de los principales inconvenientes es que, frecuentemente, ingenieros y operarios trabajan conjuntamente en la búsqueda de soluciones, pero no siguen métodos estructurados, pudiendo desviarse del camino correcto hacia la solución del problema.

Para dar un enfoque más técnico éste capítulo, se van a exponer los conceptos sobre los que se fundamentan los nuevos métodos de resolución de problemas: Las Siete Herramientas de Calidad.

Asimismo, se explicarán en detalle cada una de ellas, su forma de aplicación en problemas determinados y la interpretación de los resultados que ofrecen.

9.5.1 Definición

Las Siete Herramientas de Calidad están formadas por una serie de técnicas orientadas a la solución de problemas. Proponen un enfoque sistemático a través de métodos definidos sin lugar a la ambigüedad, a través de los cuales se van a analizar y estructurar los problemas, para llegar como objetivo último a su causa raíz.

Las Siete Herramientas de Calidad, debido a su variedad y adaptación a las características específicas del problema que tratan, pueden ayudar a:

- Identificar y priorizar los problemas de una manera rápida y eficaz. El primer paso siempre es determinar y conocer cuál es el problema, y si es posible, su alcance.
- Ayudar en el proceso de toma de decisiones
- Proporcionar un método para extraer información de los datos recogidos, es decir, interpretar de manera eficaz los resultados que ofrecen.
- Proporcionar herramientas simples pero poderosas, las cuales pueden ser utilizadas en actividades de Mejora Continua.
- Aportar un vehículo de comunicación de los problemas y soluciones a nivel interdepartamental, escalando la información a través de la pirámide jerárquica.

En posteriores apartados se analizarán con detalle cada una de las Siete Herramientas de Calidad propuestas.

En la figura 9.28 se muestra un resumen de ellas:



Figura 9. 28 Las Siete Herramientas de Calidad

El grado de complejidad de cada herramienta varía, así como la frecuencia de uso. En la base de la pirámide se encuentran aquellas herramientas cuyo empleo es simple y rápido, ofreciendo una primera aproximación al estudio estadístico de los problemas. A medida que se escala en la pirámide, el nivel de complejidad de las herramientas aumenta, siendo necesario en ocasiones un análisis exhaustivo de los resultados obtenidos para llegar a una conclusión válida.

Dependiendo de las características específicas de cada problema sólo podrán ser empleadas ciertas herramientas. Además, no hay que olvidar el grado de detalle que ofrece cada una, y adecuar su empleo a las necesidades de información y tiempo disponibles ante una eventualidad del proceso de fabricación.

9.5.2 Aplicación

Aunque las herramientas estadísticas se han usado durante años en la industria, su empleo mediante métodos estructurados (como ofrecen las Siete Herramientas de Calidad) es de reciente aplicación en industrias como Airbus.

Antiguamente éstas herramientas eran empleadas masivamente en controles de calidad, pero actualmente abordan el rol de vehículo de resolución de problemas, y su uso está cada vez más extendido entre las diversas factorías.

Como Airbus definió al inicio de la nueva implantación, el objetivo es llegar a los **cero defectos**, por lo que se deduce que la calidad va a jugar un papel clave, diferenciador, en los productos que se fabricarán bajo el nuevo sistema.

La aparición de programas informáticos ha resultado clave en el avance de las técnicas basadas en las Siete Herramientas de Calidad; no obstante, la interpretación de los resultados y posterior propuesta de soluciones aún quedan al alcance de pocas personas, debido a su grado de complejidad y abstracción.

Sólo mediante una formación enfocada a la Mejora Continua y el manejo con destreza de estas herramientas se van a poder obtener conclusiones relevantes acerca de los problemas a estudiar.

9.5.3 Las Herramientas en Detalle

En este apartado se van a exponer el conjunto de las Siete Herramientas de Calidad, así como la forma de aplicación e interpretación de los resultados.

El primer punto a tratar es la dimensión del problema, y adecuar las herramientas necesarias para obtener la causa raíz del problema. No todos los problemas requieren un grado de complejidad y estudio que ocupe a las siete técnicas a la vez, por ello cada una ataca a cuestiones concretas, y es decisión del grupo de trabajo la aplicación correcta de cada una en función del problema.

Algunas de estas técnicas tienen una extrema sencillez, tanto de uso como de interpretación, por lo que necesitan pocos recursos para ser implementadas. Sin embargo, otras requieren procedimientos informáticos y especialistas en análisis de datos para extraer conclusiones y dirigir al grupo de trabajo en la dirección correcta para la resolución de las dificultades estudiadas.

Las herramientas que se detallarán a continuación no se usan de la misma manera, y como se ha descrito con anterioridad, su uso depende en gran medida del problema que se va a analizar, de los datos que definen al mismo, la accesibilidad a ellos y la forma de estudiarlos.

En la figura 9.29 se muestra un resumen de las Siete Herramientas de Calidad que se analizarán posteriormente.

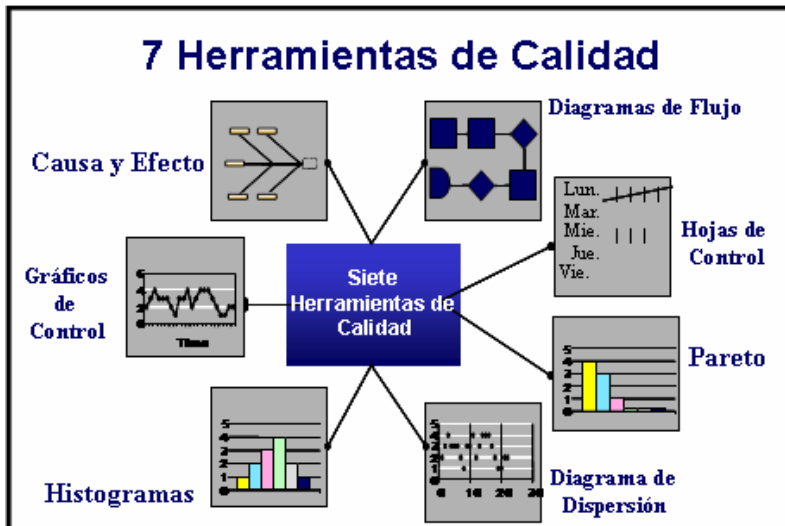


Figura 9. 29 Las Siete Herramientas de Calidad

El paso previo para cualquier técnica de análisis que esté descrita en las Siete Herramientas de Calidad lo constituye la recogida de datos. Un problema bien definido es más fácil de abordar y entender que uno del que apenas se tiene información, por lo que es de vital importancia el paso de toma de datos relativo al problema. En ocasiones, la toma de datos puede ser extensa en el tiempo, pero se deben tomar las suficientes muestras como para asegurar que el problema se comporta de una manera correcta.

A modo de ejemplo, en Airbus, el número mínimo de datos relativos a frecuencias que se suelen tomar en un problema característico suele ser del orden de veinte (repeticiones, paradas de máquinas, defectos, etc.).

Cuando el grupo de trabajo planifica la toma de datos, es de gran ayuda tener una serie de cuestiones previas preparadas para la obtención de los mismos. Las cuestiones fundamentales que se deben de tener en cuenta son las siguientes:

1. *¿Qué objetivo se persigue en la recogida de datos?* Esta primera cuestión tiene como misión averiguar y tratar de responder a la pregunta principal de la recogida de datos: el Por Qué.

¿Es para determinar el número de fallos durante un tiempo determinado?, ¿para ver el tipo de defectos que se producen en un proceso?, ¿para averiguar cuál es la vida útil de un componente?.
2. *¿Qué tipo de datos se necesitan para responder a las preguntas?* Se debe determinar el nivel de detalle de los datos a recoger (por ejemplo, si se quiere medir la temperatura, se sabe que varía poco en el tiempo; sin embargo, con la velocidad no ocurre lo mismo) Se deben conocer las variables que pueden intervenir de manera potencial en el proceso, y cuantificarlas.

3. *¿Dónde se pueden obtener los datos relativos al proceso?* El grupo de trabajo debe saber si el proceso es controlable u observable, y proponer métodos la recogida de datos, ya sean manuales o automáticos.
4. *¿Cuál es la persona indicada para ofrecer información del proceso?* El factor humano es muy importante en la recogida de datos, ya que personas como los operarios están acostumbrados a las máquinas, y son capaces de facilitar información útil al estudio
5. *¿Cómo se pueden recoger los datos proporcionados por dichas personas, con un esfuerzo y error mínimos?*
6. *¿Cuándo de deben proporcionar los datos?* Hay datos que pueden ser recogidos al principio, durante y al final de los procesos. Un dato desactualizado es como si no existiese, y el método de recogida debe tener relación con el horizonte temporal del problema a tratar (siguiendo con el ejemplo anterior, no es viable hacer doscientas mediciones por segundo de la temperatura).
7. *¿Cuál es el coste de la recogida de datos?* Dependiendo de la gravedad del problema, puede que haya métodos que no justifiquen el coste de una exhaustiva compilación de datos.
8. *¿Qué herramientas de análisis de datos van a ser empleadas?* Debido a la variedad de los datos y el nivel de detalle, deberá emplearse la herramienta adecuada para cada problema.
9. *¿Cómo se conocerán y comunicarán las respuestas?*
10. *¿Qué información adicional se necesitará para futuros análisis?*

Como se deduce, cuando en los datos a recoger está presente la observación de las operaciones, hay que seguir la máxima expuesta en el capítulo: ***Involucra a la mayoría.*** No hay que subestimar las opiniones de las diversas personas implicadas en el proceso, ya que todas ellas pueden aportar información relevante y comentarios fruto de las experiencias y habilidades aprendidas para ayudar a la resolución de los problemas.

Las Siete Herramientas de Calidad expuestas en éste capítulo corresponden a:

<i>Herramienta Nº 1.</i>	<i>Hojas de Comprobación.</i>
<i>Herramienta Nº 2.</i>	<i>Histograma.</i>
<i>Herramienta Nº 3.</i>	<i>Diagrama de Dispersión.</i>
<i>Herramienta Nº 4.</i>	<i>Diagrama de Flujo.</i>
<i>Herramienta Nº 5.</i>	<i>Gráfico de Control.</i>
<i>Herramienta Nº 6.</i>	<i>Análisis de Pareto.</i>
<i>Herramienta Nº 7.</i>	<i>Análisis Causa Efecto.</i>

Herramienta N° 1. Hojas de Comprobación.

El método denominado Hoja de Comprobación sirve como primera aproximación a obtención de información relativa a un problema. Es un método simple y eficaz, en el cual todos los componentes involucrados pueden realizar comprobaciones paralelas para luego comparar resultados.

Una de las ventajas radica en su sencillez, y puede ser realizado a la vez que se desarrolla el trabajo normal (en la mayoría de ocasiones no necesita interrupciones del flujo productivo), asegurando la coherencia de los resultados obtenidos.

Con este método se simplifica al máximo la recogida y el primer análisis de los hechos.

•HOJA DE PROGRESO DE TURNO DE PLANTA DE TRATAMIENTOS												•Fecha: _____		Día/Noche	
	*7	*8	*9	*10	*11	*12	*1	*2	*3	*4	*5	*6			
•Autogrúa 1															
•Autogrúa 2															
•Grúa Manual															
•Tanques															
•Ops fin MCC															
•Ops fin MIC															
•Taller Pintura															
•Interrupciones				•Calidad				•General							
•Tiempo Total				•Tiempo Total				•Tiempo Total							
•Consideraciones Adicionales: _____															
•Leyenda: •Calidad:•A = Concesiones aclaradas pero no certificadas B = Concesiones pendientes C = Daño D = Certificaciones •General:•A = Sin papeles B = No hay disponible bastidor (manipulación doble) C = Papel recibido sin panel D = No hay Corrie disponible •E = Configuración Panel en Corrie F = Escasez de equipo de grada G = No puede descargar del Taller de Pintura															

Figura 9. 30 Ejemplo de Hoja de Comprobación

El empleo adecuado de las hojas de comprobación tiene además la ventaja de descubrir problemas que a simple vista no se habían detectado, así como la dimensión real de los mismos.

Del análisis posterior de los resultados se pueden descubrir tendencias y patrones de los datos, de una manera sencilla.

Utilización de las hojas de comprobaciones.

- El primer paso para generar el método de las Hojas de Comprobación es decidir los factores que deben ser medidos.
- En segundo lugar se debe pensar en el formato para representar dichos factores, teniendo en cuenta la simplicidad del mismo para que pueda ser empleado de manera correcta por todas las personas.

- Una vez que se tienen las Hojas de Comprobación, es de vital importancia preparar unas instrucciones básicas para su uso, así como facilitar la formación necesaria a los recopiladores de información.

Un aspecto que cabe destacar es la solicitud de comentarios adicionales de las personas involucradas en el proceso, que aunque no figuren directamente en la Hoja de Comprobación, sí pueden servir de ayuda de cara a comprender las posibles causas e interpretar los resultados con posterioridad.

- Por último, una vez extraídos todos los datos relativos a las mediciones, se deben auditar el proceso (para comprobar que se siguen los estándares fijados) y posteriormente validar los resultados.

Herramienta N° 2. El Histograma

Los Histogramas son formas de reproducir los datos relativos a un problema, de modo que ofrezcan una representación visual de los datos contenidos en el estudio.

El empleo de Histograma es altamente recomendable cuando se trabaja con un gran volumen de datos, ya que ofrecen una vía fácil e intuitiva de representarlos, más amena que el empleo de laboriosas tablas de datos.

Hay varios tipos de Histograma (un ejemplo rápido puede ser mostrado por el programa Microsoft Excel®, pulsando en el icono de Gráficos): de barras, circulares, verticales u horizontales, etc....

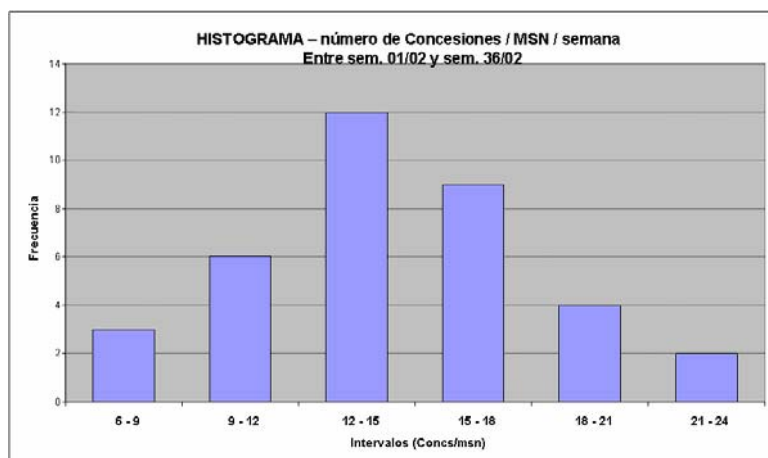


Figura 9. 31 Ejemplo de Histograma

Además de las ventajas comentadas, cabe destacar las siguientes:

- Al dar un sentido visual a los datos, permiten ver patrones de comportamiento de los mismos difíciles de ver en voluminosas tablas de datos normales.

- Relacionado con los patrones de comportamientos, surge el concepto de las **distribuciones**. Hay varias clases de distribuciones. Normal, Weibull, etc. Usando las distribuciones, el comportamiento de los datos puede ser modelizado mediante fórmulas matemáticas, e incluso puede ser predecido. El uso de distribuciones proporciona asimismo valores de enorme interés para el estudio estadístico de los datos: medias, medianas, desviaciones típicas y varianzas, etc.
- Al trabajar con unidades de medida temporales, se pueden establecer intervalos para control de los datos, definiendo límites superiores e inferiores, frecuencias..., y todo ello con una extrema sencillez.

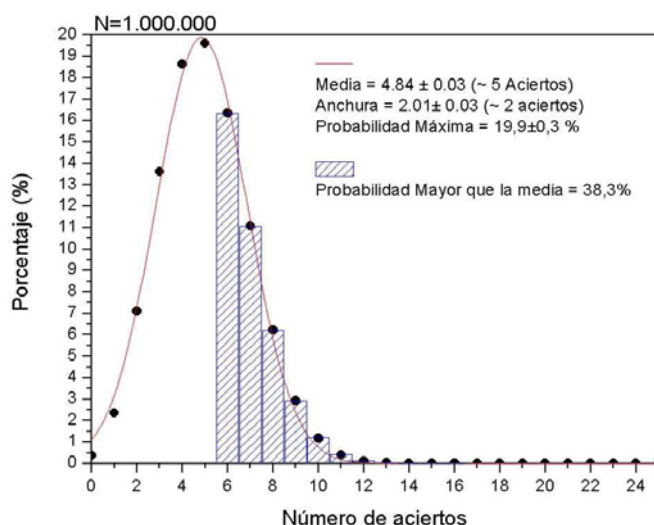


Figura 9.32 Ejemplo de ajuste a distribución

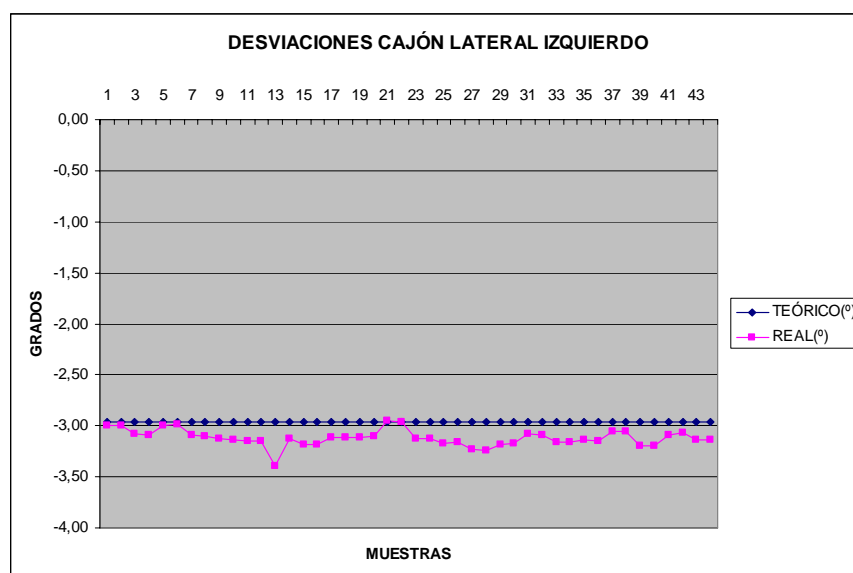


Figura 9.33 Ejemplo de desviaciones de cajones

Herramienta N° 3. Diagrama de Dispersión

Los Diagramas de Dispersión son otras de las herramientas gráficas que permiten la representación de datos y conjuntos de datos. La característica especial de los Diagramas de Dispersión es que permiten la identificación de las relaciones posibles entre los grupos de variables que intervienen en un problema. De este modo se pueden analizar cada una por separado o en conjunto, identificando en el diagrama cómo modifica el comportamiento una variable cuando se cambia otra.

Extrapolando ésta ideología, es fácil identificar las relaciones causa-efecto que están implícitas en los problemas.

Por tanto, el objetivo éste tipo de diagramas es probar si las variables están relacionadas. Cuando se aprecia que los valores de una variable varían sistemáticamente con respecto a los valores de la otra, se dice que ambas están **correlacionadas**. En éste tipo de diagramas se pueden dar varios tipos de correlaciones, como:

- *Correlación Positiva*: si una variable aumenta su valor, en la otra se ve reflejada dicho aumento. Un ejemplo sería el salario percibido por un operario, y las horas extras realizadas en un periodo de tiempo, o el peso del avión y el consumo de combustible.
- *Correlación Negativa*. Justo lo opuesto a la anterior: al aumentar el valor la variable “a”, la variable “b” disminuye. Un ejemplo puede ser el peso del avión y la autonomía de vuelo.
- *Correlación Fuerte*: las variables están fuertemente relacionadas, si se altera aunque sea débilmente una de ellas la otra variable va a verse modificada.
- *Correlación Débil*. La interacción entre ambas variables es mínima, incluso pueden llegar a mostrar comportamientos diferentes.

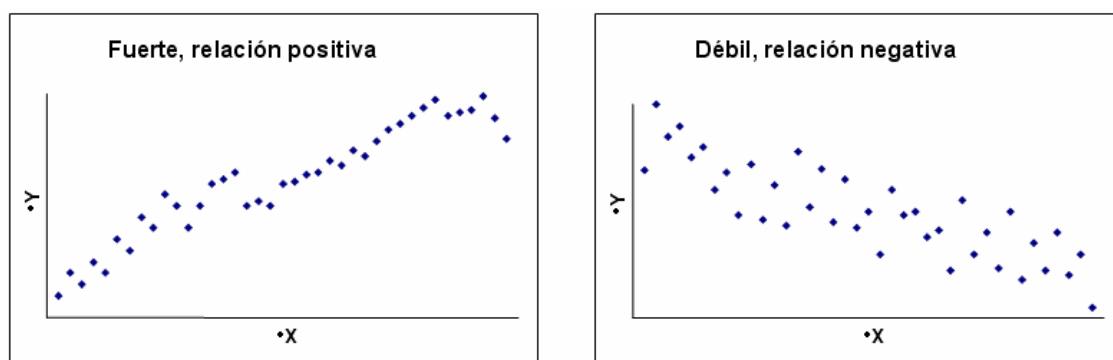


Figura 9. 34 Tipos de correlación

No obstante, el objetivo principal de los Diagramas de Dispersión es probar que existen relaciones entre varios parámetros. Algunos grupos de trabajo suelen emplear estos diagramas para el fin último de probar que una variable causa otra.

Con avanzados programas estadísticos se pueden analizar las relaciones entre las variables, modelizarlas y sacar ecuaciones que describen su comportamiento. Pero la potencia de éste método es la sencillez de su aplicación: basta con tomar una muestra significativa del conjunto de las variables (normalmente unas 20-30 muestras como mínimo), y dibujarlas en un diagrama. Enseguida se hace patente la relación entre ambas (en el caso de que exista), pudiéndose apreciar el tipo de correlación del conjunto.

Herramienta N° 4. Diagrama de Flujo

Los Diagramas de Flujo son una representación simplificada de las tareas que intervienen en un proceso. Su aplicación está ampliamente extendida, ya que el concepto es empleado de la misma manera en todo tipo de industrias. Ejemplos de ellos pueden verse en empresas que se dedican al desarrollo de programas informáticos.

Los diagramas, además de mostrar la secuencia de operaciones que intervienen, pueden reflejar otros flujos, como los de materiales e información a través de la Organización.

Para tener una idea más clara de los diagrama de flujo, se propone un ejemplo a continuación

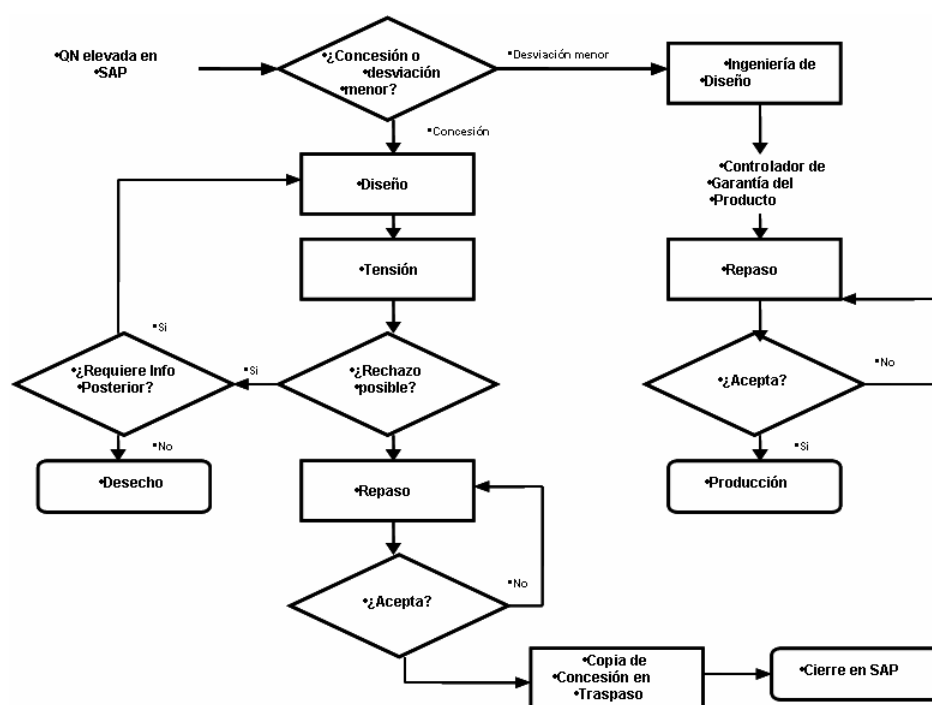
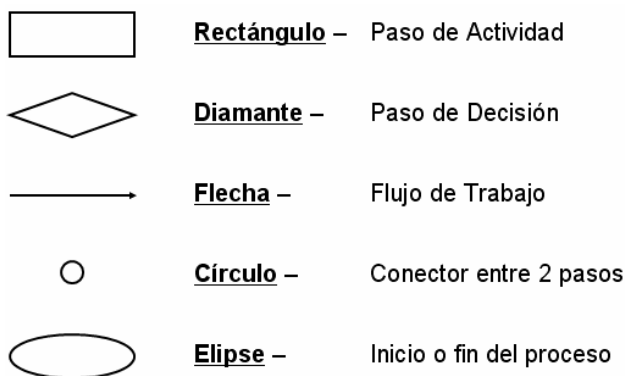


Figura 9. 35 Ejemplo Diagrama de Flujo

En el diagrama de la figura 9.35, se pueden observar distintos elementos. Se describe a continuación el significado de los más comunes:



Analizando el ejemplo, es evidente que bastan una serie de simples formas geométricas y un flujo claro y definido para representar casi la totalidad de los procesos que tienen lugar en la cadena de producción. Pero ésta es sólo una de las ventajas que ofrece el uso de ésta herramienta. Cabe destacar también las siguientes:

- Proporcionan una visión general del proceso de manera rápida y simplificada.
- Relacionan los pasos dentro del proceso, y dan una idea general de cuál es la secuencia de trabajo, así como los avances de los diferentes flujos representados.
- Ayudan a la identificación de actividades de mejora dentro de los procesos.
- Ayudan a la hora de comparar los cambios propuestos frente a la situación actual, y da idea de la complejidad de los mismos.
- Facilitan la decisión de ubicación de puntos de control dentro del proceso.

Herramienta N° 5. Gráficos de Control

Los Gráficos de Control son una serie de herramientas estadísticas cuyo objetivo está basado en el estudio de la estabilidad de los procesos.

El Gráfico de Control se usa para distinguir variaciones en un proceso resultantes de causas comunes, así como variaciones debidas a causas especiales. Los datos que se reflejan en un Gráfico de Control tienen una componente temporal, por lo cual son mostrados en la secuencia de tiempo que se van produciendo. Por lo tanto, se puede discriminar con rapidez si los datos muestran un proceso estable o inestable en el tiempo.

Un ejemplo de Gráfico de Control puede ser el siguiente:

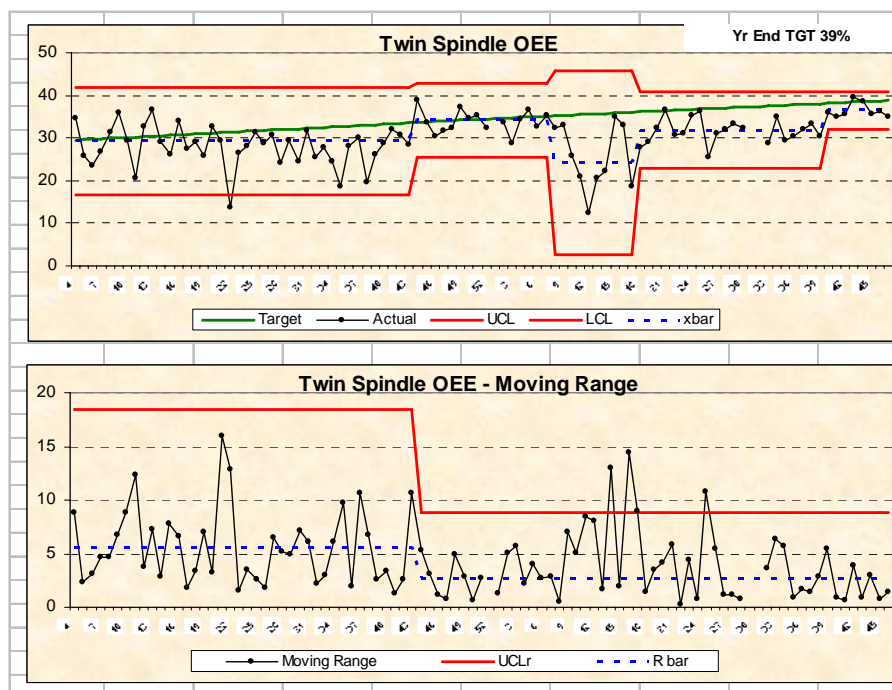


Figura 9. 36 Ejemplo de Gráfico de Control

En la figura 9.36 está representada la evolución en el tiempo de una magnitud crucial para el nuevo sistema productivo, como es el *OEE* (Eficiencia Global del Proceso). En dicho gráfico pueden apreciarse una serie de trazos, que corresponden a los valores actuales, límites superiores e inferiores de control, objetivos,...

Para obtener un Gráfico de Control basta con aplicar una serie de pasos, y el empleo de alguna herramienta informática que facilite la representación gráfica de los datos. A continuación se exponen brevemente los pasos a seguir.

1. Determinación del método de muestreo. Es de vital importancia definir con claridad los datos que se van a analizar, tomar las muestras bajo las mismas condiciones de entorno,... Hay que recordar que el objetivo en este primer paso es definir cómo se pueden obtener unos datos fiables para comenzar el estudio.
2. Inicio de la recopilación de datos: se ejecuta el proceso varias veces, y se reúnen y recogen los datos definidos en el punto anterior. El número de muestras, tiempo entre intervalos, etc. ha debido ser determinado con exactitud previamente a este paso. También puede servir de utilidad anotar las posibles condiciones anómalas que se produzcan durante la recogida, para ser analizadas posteriormente.
3. Hacer una estimación de la media de los datos recogidos, para tener en cuenta los órdenes de magnitud con los que se está trabajando. Dada la simplicidad de la fórmula para el cálculo de la media, pueden también incluirse medias de intervalos de datos, para ver su evolución en el tiempo.

4. Calcular mediante herramientas estadísticas los límites de control superior e inferior (UCL y LCL), los cuales servirán de ayuda para la posterior interpretación de los datos. Se obvian en este capítulo las fórmulas necesarias para el cálculo de los mismos. No obstante, si el lector está interesado, debe remitirse a la bibliografía expuesta.
5. Recopilar toda la información expuesta en el Gráfico de Control, y analizar:
 - a) Desviación de los valores actuales frente a los valores objetivo (*Target*). Los valores de objetivos también pueden ser trazados sobre el gráfico para tener una noción más precisa acerca de la variación (y su comportamiento en el tiempo).
 - b) Comprobación de los puntos atípicos, con las causas anotadas durante el proceso de recopilación de datos.
 - c) Recalcular límites inferiores y superiores. Cuando en el Gráfico de Control se tiene una sucesión de siete o más valores que están por encima o por debajo de la media, es necesario hacer una nueva estimación de los límites.

La ventaja principal de este método es que puede utilizarse para hacer juicios acerca del rendimiento del proceso en un periodo de tiempo. Se puede comparar dicho rendimiento con el rendimiento ideal o teórico, así como analizar cómo varía a lo largo del tiempo el proceso. Esto es en esencia lo que perseguía el método desde el principio: analizar la estabilidad o inestabilidad del proceso mediante los datos obtenidos, para ver la robustez del mismo.

Asimismo, el método ofrece una forma de control para analizar la efectividad de los cambios introducidos. Mediante un sencillo seguimiento de los datos, y tomas regulares en el tiempo de los mismos se puede estimar la eficacia de las soluciones propuestas para la mejora del proceso, y las desviaciones frente al objetivo.

Herramienta N° 6. Análisis de Pareto

Los gráficos conocidos como Pareto son una de las herramientas más potentes disponibles para el análisis y decisión de las ideas de mejora.

Proporcionan una información útil para la toma de decisiones, y aunque su elaboración puede ser algo más complicada que la de las anteriores herramientas, proporciona excelentes resultados en materia de comparación entre los diversos problemas.

El análisis de Pareto también es comúnmente conocido como “*análisis ABC*” o de la “*Regla de los 80:20*”. Más adelante se conocerá el por qué de este peculiar nombre.

Un ejemplo de análisis de Pareto se muestra a continuación:

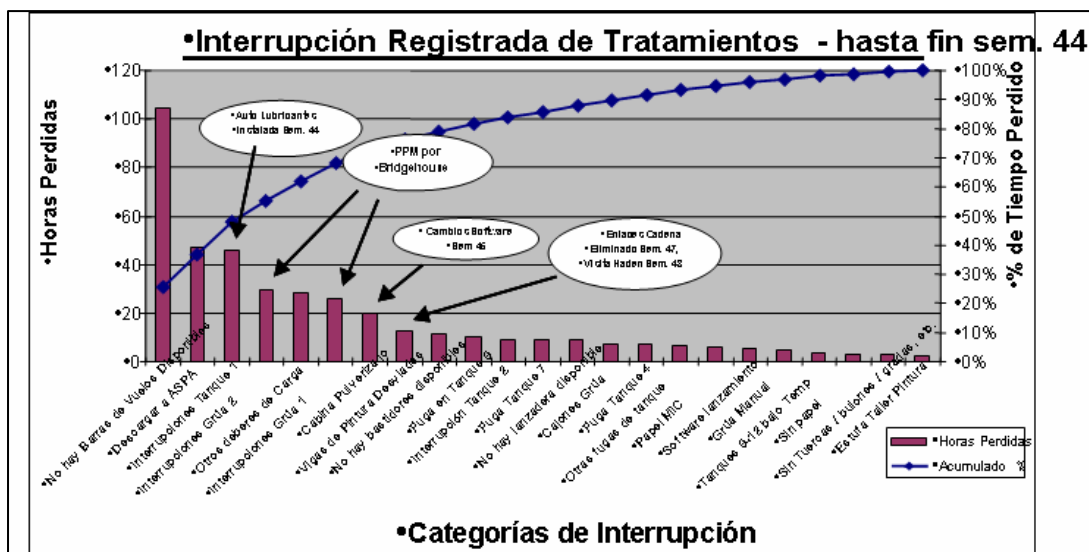


Figura 9. 37 Ejemplo de Análisis de Pareto

Como se aprecia en la ilustración 9.37, los problemas analizados se muestran en el eje de abscisas, mientras que en el eje de ordenadas se muestra la frecuencia de cada uno de los problemas. Una ventaja de éste gráfico es que los datos deben estar ordenados por orden de frecuencia: de este modo, a la izquierda del gráfico se mostrarán aquellos problemas cuya frecuencia sea elevada, mientras que en la parte derecha aparecerán aquellos problemas cuya frecuencia sea baja.

La ventaja principal del uso de este tipo de gráfico es que a simple vista ofrece una visión de cuál es la gravedad de los problemas analizados, pudiendo priorizar las actuaciones para la solución y mejora de los mismos.

Por norma general, los problemas más significativos suelen ser los que primero se atacan.

La herramienta en cuestión diferencia de una manera rápida los pocos problemas de importancia vital, frente a los muchos problemas triviales. Tiene, entonces, una relación directa con el nombre anunciado al principio: la “Regla de los 80:20” hace mención a que, por norma general, el 80% de los problemas suelen ser atribuidos al 20% de las causas.

La forma más rápida y simple de trazado de un análisis de Pareto es mediante el empleo de herramientas informáticas de tratamiento de datos, tales como StatGraphics y Excel. Para profundizar un poco más acerca de cómo se elabora este tipo de gráfico, se proponen una serie de cinco sencillos pasos:

1. Recogida de datos cuantificables referentes al área de estudio, en un espacio de tiempo determinado.

2. Definir, dentro del problema, las categorías de datos a analizar, y cotejar con el grupo de trabajo a cuál de ellas pertenecen los datos que se van obteniendo.
3. Iniciar el trazado de la gráfica de Pareto, utilizando los datos recogidos, y empezando por aquella categoría de datos que tenga mayor frecuencia.
4. Obtener y trazar los porcentajes acumulados asociados a cada categoría de datos.
5. Escoger aquella categoría que muestra frecuencia mayor según contribuya al problema, para empezar el análisis posterior.

Herramienta N° 7. Diagrama Causa Efecto

El Diagrama Causa Efecto es otra de las herramientas para la solución de problemas que se nutre de las diversas fuentes estudiadas, como el *Brainstorming*, y ayuda a identificar y clasificar las posibles causas de un problema específico.

Este tipo de diagramas fue ampliamente estudiado y detallado con ejemplos en el apartado 9.2.1.

Resumiendo lo visto en dicho apartado, el Diagrama Causa Efecto muestra las relaciones entre el problema y los diversos factores que pueden influir en él. Dichos factores se agrupan bajo cinco categorías principales, que son: Entorno, Material, Método, Equipo y Personal.

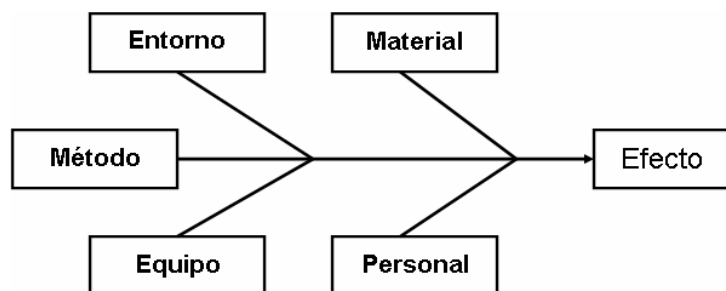


Figura 9. 38 Estructura Diagrama Causa Efecto

El objetivo es llegar a identificar la causa raíz del problema, y para ello se siguen una serie de pasos que ayudan a comprenderlo, distinguiendo a lo largo del proceso los factores que afectan en mayor o menor medida al mismo.

Aunque el objetivo final del método sea encontrar la causa raíz, no hay que olvidar que una de las mayores ventajas de ésta herramienta consiste en que ayuda en gran medida a entender el problema. Puede que el diagrama por sí mismo no de respuesta a todas las cuestiones y problemas que se plantean en una línea de producción, pero sin

embargo sí puede proporcionar causas posibles a las mismas de una forma muy focalizada, que ayuden a vislumbrar la raíz de los problemas.

Otra de las ventajas de éste método es que puede ser relacionado como medida añadida o de apoyo a las herramientas anteriormente vistas. El Diagrama Causa Efecto tiene una enorme potencia a la hora de la recogida y el análisis de datos, ya que aparte de la mera recopilación, se encarga de agrupar en categorías los datos recogidos, para posteriormente evaluar su impacto en el problema.

Herramientas como análisis de Pareto e Histogramas pueden nutrirse de las conclusiones obtenidas a partir de los análisis Causa Efecto.

9.5.4 Resumen

Una vez expuestas todas las herramientas, conocer cuál debe usarse en cada problema es cuestión de práctica y agudeza. No todos los problemas requieren un alto nivel de estudio, ni todas las herramientas están indicadas para resolver todo tipo de anomalías en la cadena productiva.

A modo de ejemplo, se proponen unas sencillas demostraciones de uso de éstas herramientas. En la tabla inferior se muestran problemas habituales que aparecen en una línea de fabricación, y la herramienta recomendada para el estudio y solución de la eventualidad.

<u>HERRAMIENTA</u>	<u>SITUACION</u>
Hoja comprobación	Nº de paradas en una máquina al día
Histograma	Evolución temporal del número de accidentes en la factoría
Diagrama de dispersión	Relación entre las posibles causas de los defectos en las piezas fabricadas
Diagrama de flujo	Pasos para la modificación de una tarea dentro de un proceso productivo
Grafico de control	Seguimiento del OEE en el tiempo
Análisis de Pareto	Causas mas frecuentes del tiempo de inactividad
Diagrama Causa Efecto	Identificar las posibles razones de una entrega al cliente defectuosa

A lo largo de este importante y novedoso apartado se han descrito las Siete Herramientas de Calidad, utilizadas fundamentalmente como base para la solución de problemas. El funcionamiento de dichas herramientas está basado en términos generales en el uso de conceptos estadísticos para el estudio de un conjunto de datos, los cuales en ocasiones tienen a su vez una componente temporal que también debe ser estudiada.

Mediante el uso y perfeccionamiento de las técnicas descritas se pueden sacar importantes conclusiones de problemas poco definidos, y lo que es más importante, relacionar las posibles causas que intervienen en un problema para llegar a la causa raíz del mismo, fin último de la filosofía de resolución de problemas expuesta en el proyecto.

Sin embargo, no sólo es importante el uso adecuado de las herramientas, sino el conocer **cómo** y **cuándo** deben ser utilizadas. Una acción correctora tardía es igual de eficaz que una acción que no se toma. Las herramientas pueden proporcionar valiosa información para anticiparse y predecir los errores, ya que mediante gráficos y fórmulas estadísticas se pueden modelizar las variables, y ser capaces de averiguar el comportamiento futuro.



Capítulo 10. **SÍNTESIS Y CONCLUSIONES**

En referencia a los objetivos iniciales fijados, durante el proceso de implantación del nuevo sistema de fabricación en el A-320 se han obtenido las conclusiones que se detallan a continuación.

Se ha logrado la culminación con éxito de la implantación y gestión de un nuevo modelo de sistema productivo, que rompe con las directrices del pasado y ofrece una ventaja competitiva a la empresa en la actualidad. A través de los diversos módulos analizados en el proyecto se han obtenido cuantiosos beneficios, que han repercutido directamente sobre la productividad, calidad, y reducción de costes de fabricación del estabilizador horizontal de cola.

A través del análisis de Flujo de Valor se ha conseguido tener un conocimiento exacto del proceso global, identificando las inutilidades y puntos críticos durante la fabricación de los elementos. El sistema ha sido enfocado hacia la filosofía *Pull*, produciendo exactamente lo que el cliente necesita, en el momento y cantidades necesarias.

Mediante una gestión eficaz de los proyectos basados en los Planes Tácticos de Implementación, se ha logrado establecer responsabilidades y horizontes temporales de ejecución ambiciosos, sin perder de vista los objetivos establecidos por la Dirección. Proyectos de mejora que anteriormente necesitaban un tiempo medio de ejecución de dos a tres meses (según su grado de complejidad), ahora pueden ser ejecutados en tres semanas, gracias a la creación de equipos de trabajo multi-disciplinares.

A su vez, se han establecido canales de comunicación interdepartamentales más fluidos y directos, de modo que el intercambio de objetivos y problemas se haga de una manera más rápida, y en consecuencia se puedan proponer soluciones específicas para que el impacto en la producción sea mínimo.

Cabe destacar la gran importancia que ha tenido la implantación del trabajo estándar en la línea de fabricación. Aunque su elaboración no fue una tarea trivial, ha reportado numerosos beneficios, entre los que destacan la reducción de la variabilidad de los procesos, que ha permitido una identificación más rápida de los defectos. Debido al aumento de robustez de las operaciones, y seguimiento de procedimientos estándar, se ha reducido los errores humanos aproximadamente en un 20%, como el posicionamiento y fijación al útil de los estabilizadores. Asimismo, fruto de un estudio detallado de los tiempos que intervienen en la Instrucción de Operación Estándar, se ha logrado reducir los tiempos concedidos en un 7%, a través de los siguientes aspectos:

- Reducción de los movimientos de los operarios en un 10%.
- Reducción de las curvas de aprendizaje en un 4%.
- Re-equilibrado de procesos y adaptación de la línea al *Takt Time*.

Es notable considerar a su vez la reducción del tiempo de aprendizaje en nuevas tareas de los operarios, a través del empleo del Trabajo Estándar. Mediante una formación adecuada, se otorga a los operarios de una gran flexibilidad, de modo que puedan desarrollar su trabajo en las diversas posiciones de la línea de fabricación. Para completar ésta formación, se han creado Matrices de Habilidades, para facilitar el

equilibrado de mano de obra en el taller y dotar a las personas necesarias de la formación adecuada para desempeñar funciones adicionales.

Otro de los aspectos importantes a destacar en el nuevo sistema es el aumento de calidad en el proceso. Se ha perseguido la calidad desde la fuente, involucrando al proveedor dentro del sistema productivo, mediante auditorías y visitas periódicas a la fábrica. Se han desarrollado indicadores específicos de calidad para el proveedor, y éste forma parte activa en los planes de mejora que tienen lugar dentro de Airbus.

Además e la calidad en la fuente, se ha conseguido implantar el concepto de *calidad integrada* en el operario, de modo que sea capaz de detectar los defectos durante el desarrollo de su trabajo, y no tener que esperar a las verificaciones por el personal de calidad. De esta manera se han logrado reducir las horas de retrabajos finales en una hora y media. Se ha introducido el concepto de “*Prima por Calidad Integrada*”, abonada según la reducción y solución de desperfectos del equipo de trabajo, de modo que se desarrolle en el operario un sentimiento de responsabilidad y compromiso con la calidad hasta ahora inexistente.

En consonancia con la calidad, se ha reducido también las *No-Conformidades* existentes en el proceso en un 10%, que supone a su vez una reducción de tiempo de gestión por parte de ingeniería y una reducción de costes de procesado de las mismas.

En relación con la implantación de la metodología de Mantenimiento Total, el principal beneficio obtenido ha sido la reducción de un 25% de las actividades de Mantenimiento Correctivo, las cuales se han transferido al Mantenimiento Preventivo. A través de la correcta formación del operario y la introducción del Mantenimiento Autónomo, se ha logrado disminuir la frecuencia de averías de maquina en un 15%, y se ha implantado un procedimiento que asegura que en el transcurso de dos meses se hace una revisión completa de las máquinas semi-automáticas. El tiempo medio entre fallos también ha aumentado, debido a la correcta revisión y limpieza por parte del operario de los equipos más habituales.

También se ha reducido el *stock* en el almacén de las piezas para recambios en un 20%, y se ha agilizado la respuesta con los principales proveedores de repuestos.

Todo esto ha proporcionado un aumento del tiempo de vida de las herramientas más comunes como taladradoras y remachadoras, así como una maximización del OEE (Ahora alcance en determinadas estaciones del trabajo valores cercanos al 70%).

Relacionando conceptos, los problemas más importantes de cara a la fabricación (fallos sistemas de posicionamiento durante operaciones de *Best-Fit*, averías del *Laser Tracker* y sistemas de comunicación *Profibus*) están siendo estudiados mediante herramientas de Calidad y técnicas *6-Sigma* para proporcionar una solución óptima y evitar repetitividad.

Las mejoras implantadas proporcionadas a través de la nueva Solución Logística también han ayudado a adaptar la fábrica para satisfacer las necesidades de fabricación fijadas por los objetivos. La logística también se ha adaptado al nuevo concepto de sistema *Pull*, proporcionando actualmente el 80% de las piezas del programa A-320 en *kits*. De este modo se coordina de manera más eficaz su gestión visual, y disminuye el tiempo de preparación de pedidos en un 56%.

La implantación de *kits* a su vez ofrece un suministro cerca de la posición de trabajo del operario (reduce movimientos), hace más visible la gestión de las faltas y proporciona mayor grado de seguridad en su manipulación.

Se ha logrado disminuir en un 15% el material en curso, despachando únicamente las piezas cuando son necesarias, no acumulándose *stock* innecesario en planta.

Mediante la adaptación de *parkings* informáticos puede gestionar más eficazmente los flujos de las piezas, y coordinar una respuesta eficaz en caso de faltas y reposiciones a planta. Otra ventaja de la implantación de *kits* radica en que se puede tener un *buffer* en espera en el almacén logístico, de modo que ante situaciones de sobrecarga o eventualidades se puede ofrecer una respuesta rápida a la producción.

Además se han creado nuevos sistemas de transporte entre proveedor y Airbus, de modo que se mejoren la manipulación y se eliminen los desperdicios de los embalajes desechables. El propio embalaje sirve tanto para el flujo externo (con el suministrador) y para el flujo interno (traslado por la planta), de modo que se evitan dobles manipulaciones por el personal de logística del almacén.

Globalmente, se puede resumir en un aumento del 40% en cuanto a mejora de productividad en el sistema logístico se refiere.

En el módulo de gestión visual, el aspecto más importante a destacar es el establecimiento de una comunicación entre los diversos niveles actualizada y eficaz. Para ofrecer una idea de la importancia de las Reuniones de Turno, cabe destacar que todos los días el directo de la planta asiste a las reuniones celebradas por los operarios en el taller, en las cuales se actualiza la información diaria y se exponen los problemas más relevantes que afectan a la producción. De este modo se fomenta la participación, y se reduce el tiempo para la toma de decisiones (ya que se evita el escalado de los problemas a través de los diferentes niveles jerárquicos). Por norma general, en la misma semana que aparece un problema se pueden tomar las acciones correctoras oportunas para proponer una solución.

Los beneficios anteriormente expuestos pueden resumirse a modo general en el siguiente índice, que aúna todos los esfuerzos del personal de Airbus para concluir con éxito la tarea de implantación:

- Mejora de la productividad de un 20% respecto al año 2007.
- Reducción del *Lead Time* de fabricación de un estabilizador, de 24.56 días a 21.18 días, lo que supone una reducción del 8%.
- Eliminación de una de las líneas paralelas de fabricación de estabilizadores, y reequilibrado de tres líneas restantes adecuándose al *Takt Time*.

De los conceptos y técnicas aplicados se han obtenido un número importante de ventajas, las cuales podrán a su vez ser aplicadas en el futuro diseño y gestión de la línea móvil para las operaciones de equipado de estabilizador.

No obstante, el proceso de implantación aún no ha finalizado en todas las áreas involucradas en la fabricación del A-320, y muchas de las nociones aprendidas durante

el proceso están siendo extrapoladas a los diversos programas existentes en la factoría de Getafe. Dada la filosofía intrínseca desde la concepción y el diseño del sistema, el proceso está en continua evolución, adaptándose a las necesidades de los clientes y el entorno en el que se ve inmersa la compañía.

Pero quizá la parte que más ha contribuido a la realización, tanto personal como global del proyecto, ha sido el trabajo conjunto con una de las empresas más importantes en el sector. Desde el principio de este proyecto éramos conscientes de la envergadura del mismo, de las capacidades y características que debería tener un sistema capaz de realizar la tarea que la empresa exigía. La responsabilidad del proyecto, así como los plazos de tiempo disponibles para su ejecución no han sido triviales, y dan una idea de cómo es el trabajo en las empresas de hoy día.

A modo de valoración final, a sido una experiencia enriquecedora y completamente satisfactoria, que ha permitido el desarrollo de conocimientos y capacidades recogidas a lo largo de la carrera en un ambiente real, con sus oportunidades y dificultades, en el cual se han cubierto los objetivos iniciales y se ha trabajado con un grupo de personas que han motivado a salir adelante a lo largo de este proceso de implantación del nuevo sistema de fabricación.



Capítulo 11. **PROYECTOS FUTUROS**



La implantación de un nuevo sistema productivo en la línea del A-320 ha supuesto una reestructuración profunda de toda la organización sobre la que asienta la fabricación de componentes para aeronaves. Por ello, el proceso ha sido exigente en tiempo y recursos, debido a su importancia y alcance.

Pero la implantación no ha terminado aún; son varias las tareas pendientes de finalizar, así como los proyectos futuros que deben ser abordados para asegurar la supervivencia del sistema a largo plazo, y mantener el liderazgo tecnológico que caracteriza a la empresa. Las líneas piloto de ensamblaje del avión más pequeño de la compañía han sufrido una transformación sin precedentes, y dichos cambios deben ser extrapolados al resto de líneas, aprendiendo de los errores y enfocando las soluciones hacia la Mejora Continua.

La gran mayoría de los proyectos que quedan por abordar pueden ser englobados dentro de las competencias de Ingeniería de diseño e Ingeniería de Fabricación. No obstante, módulos como Logística, Gestión del Personal y Gestión de la Calidad van a sufrir también importantes planes de mejora para optimizar el proceso de fabricación.

A continuación se resumirán los proyectos más importantes que se estudiarán a corto y medio plazo dentro del programa A-320, cuyo objetivo es mejorar la situación actual, y afrontar los desafíos futuros.

A corto plazo, el reto fundamental radica en aumentar de la cadencia del A-320. Para ello, se debe seguir optimizando el proceso productivo, eliminando las actividades que no añaden valor y usando los conocimientos y técnicas de trabajo de una plantilla cualificada, con una experiencia de más de 4000 aviones realizados.

En segundo lugar, está previsto asimismo un aumento en la producción de las versiones especiales del A-320, denominadas A-320-F (*Freighter*). Son versiones dedicadas al transporte de mercancías, que es una solución ampliamente utilizada en el mercado actual debido a la situación desfavorable de muchas compañías aéreas, que deben aprovechar al máximo la vida útil de las aeronaves antes de renovar la flota.

El tercer reto que se debe abordar es el establecimiento de una línea móvil para las operaciones de equipado final del estabilizador. Esto supondrá un nuevo esquema en la fabricación, debido a que se pretende crear una línea de múltiples posiciones, en la cual el movimiento de cada una de ellas esté sincronizado con el *Takt Time*, y eleve la cadencia de producción para afrontar futuros pedidos. Además, dicha línea deberá ser flexible, y estar capacitada para los cambios de modelo que hoy día suponen una alteración en el flujo productivo. El proceso deberá estar precedido de la realización de estudios previos de ingeniería y diseño de utillaje, para posteriormente presentar la oferta técnica a los posibles subcontratistas, y consolidar el proceso de selección y análisis de las opciones existentes.

Actualmente en la factoría de Airbus Getafe no existe ningún programa que tenga en funcionamiento una línea móvil de fabricación de éstas características, por lo cual el reto supone un acontecimiento sin precedentes para la empresa. De los adecuados diseños y especificaciones por parte de todos los departamentos involucrados depende el éxito futuro de ésta idea.

En un plazo más dilatado en el tiempo, los departamentos deberán asumir las posibles modificaciones que presentará la fabricación del nuevo estabilizador del A-320. Debido a los años que han pasado desde que entró en servicio, es necesaria una modificación tanto del diseño como de los componentes tecnológicos para poder competir frente a sus rivales, por lo cual se hace indispensable una actualización completa del estabilizador horizontal de cola, y la aplicación para ello de las técnicas más novedosas para ofrecer un producto acorde con las expectativas del cliente.

Además de los objetivos a corto y medio plazo expuestos, Airbus debe afrontar una serie de diversos problemas que alteran la fabricación. Para ello, se deben realizar análisis y estudios detallados para ofrecer soluciones a dificultades como se muestran a continuación.

- Propuestas de nuevos mapas de remachado de la unión central de los herrajes forjados inferior y superior. Se ha detectado una problemática durante el proceso de remachado, al originarse tensiones y deformaciones que se propagan desde la unión central hasta la punta del estabilizador.
- Problema de desalineación entre los herrajes inferiores y superiores con los herrajes de soporte posterior. Debido al proceso de fabricación de éstos elementos, y las altas tolerancias exigidas (ya que son elementos de seguridad), en ocasiones deben realizarse operaciones adicionales para asegurar un ajuste correcto. Aún no se dispone de un proceso lo suficientemente robusto para asegurar la correcta fabricación de éstos elementos, constituidos de fibra de carbono en un 90%.
- Problemas de intercambiabilidad entre los diferentes bordes de ataque. El proceso de desalineación de estos elementos es altamente variable, dado que son unas de las piezas que se montan al final del proceso. Esto quiere decir que la acumulación de defectos en las etapas intermedias puede provocar la desalineación final, siendo costoso en tiempo y recursos dar solución al problema.

Respecto a las mejoras susceptibles de ser introducidas en el proceso, cabe destacar:

- Estudio de viabilidad de proceso de taladrado y remachado automático. Mediante la implantación de sistemas automáticos, se libera al operario de hacer labores repetitivas, reduciendo el margen de error, aumentando la calidad del producto final e incrementando la cadencia de fabricación. Actualmente, sólo las fases de taladrado de largueros y taladrado del cascarón superior del A-380 disponen de sistemas automáticos, ofreciendo excelentes resultados con unos niveles de calidad altísimos.
- Estudio del proceso y la defectología de las operaciones de taladrado conjunto de las uniones fibra de carbono-titanio de los cajones centrales, durante la fase de la Unión. Son diversos los factores que deben tenerse en cuenta durante el taladrado de ambos elementos, ya que se requieren diferentes velocidades y grados de avance para evitar quemaduras y delaminaciones de la fibra de carbono durante el proceso.

- Tratamiento de las operaciones con sellante. Está en estudio la aplicación de nuevos tipos de sellante cuyo tiempo de curado sea inferior a los actuales, permitiendo una reducción del *Lead Time* global del proceso de fabricación.

Todos los departamentos involucrados en la fabricación del estabilizador tienen importantes retos que asumir en el futuro, para mejorar el sistema actual. En lo referido al departamento de Mantenimiento, algunas de las propuestas futuras se exponen a continuación:

- Estudio conjunto con Producción para alargar la vida útil de las herramientas. Además del estudio de la problemática, y la aplicación de las nociones de mantenimiento preventivo y predictivo a un mayor nivel, dicho departamento propone ideas como:
 - utilización de nuevos tipos de broca para el taladrado del titanio (proceso más crítico), que incluso contempla la separación y unificación de diversas tareas (taladros previos, taladrado secuencial, escariado, etc.)
 - sistemas automáticos de lubricación de las herramientas, para asegurar un funcionamiento óptimo. Uno de los adelantos que actualmente se está implantando es la lubricación inyectada a través de la propia instalación de aire comprimido de la factoría.
 - Sistema de aspiración en propia máquina, para mejorar la seguridad de los operarios, y mantener la zona de trabajo libre de material tipo viruta.
 - Sistemas de corte de viruta adaptados en la propia máquina. Una de las mayores fuentes de desperfectos lo constituye la viruta arrancada, la cual penetra en la máquina ocasionando la rotura de ciertos elementos.
- Mejora de los sistemas actuales de aspiración. Una de las ideas en estudio es la implantación de sistemas de aspiración de potencia regulable, debido a que los aspiradores industriales disponibles en la línea funcionan siempre al 100% de potencia, cuando en realidad no es necesaria.
- Nuevas redes de comunicación entre los distintos equipos electrónicos de la línea: sistemas de medición por láser, ordenadores, posicionadores automáticos, etc. Se pretende mejorar el sistema para ofrecer unos tiempos de respuesta más rápidos, y aumentar la precisión de las medidas realizadas.

El departamento de Calidad también va a jugar un importante papel dentro de la situación actual y futura. Entre los proyectos más relevantes, cabe destacar:

- Conseguir el objetivo final de la Calidad Integrada. Actualmente se está trabajando conjuntamente con el departamento de Producción para brindar la posibilidad a los operarios de conseguir formación e intervenir en sencillas labores de comprobación de calidad. Se les facilitan asimismo herramientas de

verificación y hojas de comprobación para que sean eficientes en su trabajo, y sus productos cumplan con los altos índices de calidad exigidos por Airbus.

- Verificación a través de código de barras. Muchos elementos que componen el estabilizador llevan un número de serie identificativo, el cual debe ser anotado en primer lugar por los operarios, para posteriormente facilitar la documentación al departamento de Calidad. Debido al alto número de piezas identificables, se estudia la idea de la identificación a través de un código de barras de éstos elementos, y que sea el propio verificador de calidad quien, mediante un sencillo lector de código de barras, compruebe la documentación. Este proceso ahorra tiempo y evita posibles errores al anotar los números de serie.
- Fomentar la integración de los proveedores dentro de la cadena. Son varios los factores por los que los elementos que llegan a Airbus procedentes de suministradores externos tiene defectos de calidad. En muchas ocasiones éstos defectos deben ser corregidos en la propia factoría, para lo cual se invierte tiempo y recursos. Para mejorar la calidad de los productos subcontratados, Airbus pretende formar a los proveedores en su manera de trabajar, y ofrecer unos estándares de calidad acorde con la nueva filosofía. Para conseguirlo, Airbus facilitará a los proveedores normativas específicas, visitará las factorías de los subcontratistas para hacer inspecciones de calidad, les facilitará útiles de medición, etc.

A continuación se exponen los retos futuros para el departamento de Logística.

- Identificación activa de los componentes vía radiofrecuencia (*RFid*).
- Reducción del *Lead Time* entre el proveedor externo y Airbus, fomentando un nuevo sistema de pedidos, basado en el consumo real de la planta. En definitiva, se pretende implantar la filosofía *Pull* con los principales proveedores, y para ello hay que abandonar el antiguo sistema de pedidos, basado en una planificación anual.
- Sistemas de *picking* de elementos basados en la filosofía *Push To Light*, la cual ilumina de determinados colores las piezas para hacer más rápida y sencilla la tarea de preparación de pedidos.
- Estudio de los principales movimientos realizados por el personal de manipulación, y optimización de los flujos. Se pretende reducir al máximo el movimiento de los elementos (considerado desperdicio), y evitar la fuerte dependencia en planta del sistema denominada *punte-grúa*, ya que además de ocasionar frecuentes cuellos de botella es un riesgo para la seguridad.
- Envíos conjuntos de *kits* desde el proveedor. El ejemplo más claro de ello lo constituye el conjunto formado por los bordes de ataque, la pareja de *LEX* y las carenas marginales. Dichos elementos deben ser montados en el mismo avión, pero el pedido y la recepción no se produce a la vez, debido a que tiene diferentes flujos (pintura, realización de operaciones intermedias). Debido a esto hay una pérdida de trazabilidad, y posibles desalineaciones a la hora de su montaje.

- Mejora en la manipulación de los timones. Para ello, se están estudiando diversas propuestas, como son:
 - Fabricación de un útil de posicionamiento tipo “*percha*” para trasladar el timón desde la zona de almacenaje a la línea donde sea requerido.
 - Mesa regulable en altura, que permita el volteo para poder posicionar el timón dentro del estabilizador, durante la operación de reglaje de timones. De este modo se evita la dependencia de la fuerza y habilidad del operario, quien tiene que trasladar el timón con ayuda de otro trabajador para poder ubicarlo correctamente en el estabilizador.

Como se ha podido comprobar, los numerosos proyectos futuros pretenden conseguir un proceso productivo óptimo, en el cual todos sean partícipes del éxito de los productos fabricados, y la empresa mantenga el alto nivel competitivo en el mercado.

No obstante, fruto de la implantación de los grupos de trabajo interdepartamentales, el verdadero objetivo no es que las mejoras implantadas sólo afecten al programa del Airbus A-320, sino que sirven de experiencia para poder ser extendidos al resto de áreas. Programas novedosos como el A-380, y el proyecto en desarrollo del Airbus A-350-XWB pueden nutrirse de los conocimientos y adelantos que se han producido en el presente, y poder lograr de esta manera el éxito en el futuro.



Capítulo 12. **BIBLIOGRAFÍA**



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Rother, Mike. **Learning to see: value-stream mapping to create value and eliminate muda**. The Lean Enterprise Institute. 2003.
- Velasco Sánchez, Juan. **Gestión de la calidad: mejora continua y sistemas de gestión: teoría y práctica**. Pirámide. 2005.
- Blanco Ruiz, Alberto. **Reducción de la tasa de rechazo de una línea de montaje a través de la metodología Seis Sigma**. Proyecto Fin de Carrera, Universidad Carlos III de Madrid. 2008.
- Pande, Peter S. **The Six Sigma way: how GE, Motorola, and other top companies are honing their performance**. McGraw-Hill. 2000.
- Eckes, George. **Six sigma team dynamics: the elusive key to project success**. John Wiley & Sons, Inc. 2003.
- De Feo, Joseph A. **Más allá de Seis Sigma: estrategias para generar valor**. McGraw-Hill Interamericana de España. 2004.
- Nakajima, Seiichi. **Programa de desarrollo del TPM: implantación del mantenimiento productivo total**. Tecnologías de Gerencia y Producción. 1992.
- Flores i Salgado, Francesc. **Aplicaciones de técnicas JIT y TPM en empresas españolas**. TGP Hoshin. 1996.
- Cuatrecasas Arbós, Lluís. **TPM: hacia la competitividad a través de la eficiencia de los equipos de producción**. Gestión 2000. 2000.
- Tajiri, Masaji. **Autonomous maintenance in seven steps: implementing TPM on the shop floor**. Productivity. 1999.
- Finne, Sami. **The retail value chain: how to gain competitive advantage through efficient consumer response (ECR) strategies**. Kogan Page. 2009.
- Baudin, Michel. **Logística Lean: desarrollos de la logística lean en diversos tipos de industria**. TGP Hoshin. 2008.
- Ponce Cueto, Eva. **La logística de aprovisionamientos: para la integración de la cadena de suministros**. Pearson Educación. 2004.
- Presencia Santandreu, José. **Calidad total y logística integral: introducción a la calidad total en el proceso logístico**. Logis Book. 2000.
- Castán Farrero, José María. **La logística en la empresa**. Pirámide. 1999.
- Rodríguez Zamora, Ana María. **Estudio del proceso de recepción, almacenaje y distribución en una empresa del sector aeronáutico y aplicación de comunicación logística propuesta como mejora del proceso**. Proyecto Fin de Carrera. Universidad Carlos III de Madrid. 2007.

- Greif, Michel. **La fábrica visual: métodos visuales para mejorar la productividad**. Tecnologías de Gerencia y Producción-Hoshin. 1993.
- Hirano, Hiroyuki. **5 pilares de la fábrica visual: la fuente para la implantación de las 5S**. TGP-Hoshin. 1998.
- Womack, James P. **La máquina que cambió el mundo**. McGraw-Hill. 1993.
- Jonson, Spencer. **¿Quién se ha llevado mi queso?: cómo adaptarnos a un mundo en constante cambio**. Empresa Activa. 2000.
- Fisher, Roger. **Obtenga el Sí: el arte de negociar sin ceder**. Gestión 2000. 2004.

REVISTAS

- Roldán Cifuentes, Larisa. **El valor, el despilfarro y el flujo: la clave para la construcción de cualquier sistema de producción y gestión**. Texto publicado en Forum Calidad. Año nº 19, Nº 184 (2007), p. 60-64.
- Revista One edición Airbus. Abril 2008 – Mayo 2009.
- Revista Forum edición EADS. Abril 2008 – Mayo 2009.
- SPEAR, Steven; BOWEN, Kent. **Decoding the DNA of the Toyota Production System**. Harvard Business Review. Septiembre-Octubre 1999.
- SPEAR, Steven; **Learning to Lead at Toyota**. Harvard Business Review. Mayo 2004.
- Womack, James; Jones, Daniel. **Beyond Toyota: How to root out waste and pursue perfection**. Harvard Business Review. Septiembre-Octubre 1996.

DOCUMENTACIÓN TÉCNICA DE AIRBUS

- Proceso de Montaje. Unión de cajones en el A-320. Especificación Técnica.
- Proceso de Montaje. Pre-equipado de cajones en el A-320. Especificación Técnica.
- Proceso de Montaje. Equipado de cajones en el A-320. Especificación Técnica.



- Diversas normativas APRD internas aplicadas a la fabricación de estabilizadores horizontales de cola.

CONFERENCIAS

- **Total Productive Maintenance (TPM). Best Practice Exchange Event – Open Plant Days.** Bremen, Febrero 2007.
- **Sesión de Producción Ajustada.** Grupo EADS. Valencia, 2007.
- **Presentación Sistema Productivo de Renault (SPR).** Getafe, Febrero 2009.



